



EESTI MAAÜLIKOOL

Metsandus- ja maaehitusinstituut

**Jorma Uusmaa**

**HADNET VÕRGU TÄPSUS JA EFEKTIIVSUS**

**ACCURACY AND EFFICIENCY OF HADNET NETWORK**

Bakalaureusetöö

Geodeesia ja maakorralduse õppekava

Juhendaja: Harli Jürgenson, *PhD*

Tartu 2019

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51006			
Autor: Jorma Uusmaa		Õppekava: Geodeesia ja maakorraldus	
Pealkiri: Hadnet võrgu täpsus ja efektiivsus			
Lehekülgi: 63	Jooniseid: 20	Tabeleid: 8	Lisasid: 2
Osakond: Geomaatika ETIS-e teadusvaldkond: 4. Loodusteadused ja tehnika (geodeesia) CERCS-i kood: P515 Juhendaja(d): Harli Jürgenson, <i>PhD</i> Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2019			
Bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida, kui täpne ja efektiivne on HadNet GNSS püsijaamadevõrk. Töös on pööreatud tähelepanu eeskätt kõrguslikule täpsusele.			
Eestis on tavakasutajatele GNSS võrguteenuse pakkujaid kaks ja kuna maamõõtjatele on kõrguslik täpsus ja töö efektiivsus väga oluline, siis on aktuaalne ka nende võrkude kohta käivad uurimused. HadNet püsijaamade võrgu täpsuse uuringute kohta on üpris vähe informatsiooni ning see sai ajendiks lõputöö teema valikul. Teenus tugineb Topcon VRS põhimõttel.			
Eesmärgi saavutamiseks viidi töö autori poolt läbi Võrgu RTK mõõtmised viiel erineval II klassi Riigi geodeetilise põhivõrgu punktil kasutades selleks HadNet püsijaamade võrku. Mõõtmisteks kasutati Trimble R8s GNSS vastuvõtjat ning Trimble TSC3 väliarvutit. Igal punktil on tehtud mitu mõõtmist ja hinnatud tulemusi. Selgus et suurim juhuslik viga tuli 4,9 sm, kui krk kõigist mõõtmistest oli 2,4 cm. Lisaks on analüüsitud ka kaastudengite ja juhendaja sarnaseid mõõtmisi.			
Märksõnad: RTK, RTN, GNSS, kõrguslik täpsus			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Jorma Uusmaa		Speciality: Geodesy and land management	
Title: Accuracy and efficiency of HadNet network			
Pages: 63	Figures: 20	Tables: 8	Appendixes: 2
Department: Geomatics Field of research: 4. Natural Sciences and Engineering (geodesy) (CERCS) code: P515 Supervisors: Harli Jürgenson <i>PhD</i> Place and date: Tartu 2019			
The purpose of this bachelor thesis was to explore how accurate and effective is HadNet GNSS network. This thesis was focused on height accuracy.			
In Estonia, there are two GNSS network providers for ordinary users. For land surveyors, the high accuracy and work effectivity are very important and that's why those studies about GNSS networks are actual. There is only a little information available about the accuracy of HadNet network, which is the reason of choosing this topic for this thesis. The service is based on the Topcon VRS principle.			
To fulfil this objective, the author of this thesis carried out Network RTK measurements on five different Estonian national II class geodetic point using HadNet GNSS network, Trimble R8s receiver and Trimble TSC3 field computer. On each point, several measurements were made and results were evaluated. Results revealed that the biggest random height error was 4,9 cm. The root-mean-square error in all measurements combined was 2,4 cm. In addition, similar measurements of co-students and tutor have been analysed.			
Keywords: RTK, RTN, GNSS, height accuracy			

# SISUKORD

LÜHENDID .....	5
SISSEJUHATUS .....	6
1.KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	8
1.2. GNSS süsteemid ja nende konstellatsioonid .....	8
1.2.1. GPS.....	8
1.2.2. GLONASS .....	9
1.2.3. BeiDou .....	9
1.2.4. GALILEO .....	10
1.3. Võrgu RTK ja selle erinevad kontseptsioonid .....	11
1.3.1. RTN .....	11
1.3.2. FKP .....	13
1.3.3. MAX .....	13
1.3.4. iMAX .....	14
1.3.5. VRS.....	14
1.4. RTK GNSS püsijaamade võrgud Eestis .....	16
1.4.1. Eest riiklik GNSS püsijaamade võrk .....	16
1.4.2. Trimble VRS Now .....	17
1.4.3. Hadnet RTN võrk .....	17
2. MEETOD JA MATERJALID .....	20
2.1. Virtuaalse tugijaama kaugus mõõtjast Hadnet võrgus .....	20
2.2. Kontrollmõõtmiste punktide valik .....	20
2.3. Mõõtmiste metoodika ja seadmed.....	22
2.3.1. Väliarvuti seadistamine ja parameetrite valik .....	23
2.3.2. Kasutatud seadmed .....	24
2.4. Välimõõtmiste läbiviimine .....	26
2.4.1. Testmõõtmised punktil Preedi97 .....	27
2.4.2. Testmõõtmised punktil Veia97 .....	29
2.4.3. Testmõõtmised punktil Adraku97 .....	31
2.4.4. Testmõõtmised punktil Muuga97 .....	33
2.4.5. Testmõõtmised punktil Palasi97 .....	35
3 . TULEMUSED JA ARUTELU .....	37
3.1. 9. novembril autori poolt mõõdetud punktide täpsus .....	37
3.2. Juhendaja ja kaasüliõpilaste poolt tehtud mõõtmised .....	38
KOKKUVÕTE .....	41
KASUTATUD KIRJANDUS .....	43
LISAD .....	46
Lisa 1. Detailne mõõtmisaruanne 9. novembri mõõtmistest .....	47
Lisa 2. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitud lõputöö kaitsmisele lubamise kohta .....	63

## LÜHENDID

Hades Invest OÜ – VRS teenust pakkuv firma

HadNet – TopCon teenust kasutav RTN võrk

krv – Keskmise ruutviga

PDOP – Satelliitide asukohta ja paiknemist iseloomustav suurus

RTCM – Andmete sorteerimise/pakkimise süsteem

RTN (*Real Time Network*) – Võrgu RTK ehk mõõtmise võrgu jaamadest lähtuvalt

RTK (*Real Time Kinematic*) – Reaalajas kinemaatiline mõõtmine

TopNet – TopConi poolt toodetud VRS süsteemi tugitarkvara

## SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö teemaks valiti HadNet võrgu kaudu tehtava RTK (*Real Time Kinematic*) mõõtmise täpsuse ja efektiivsuse uurimine. Uurimistöö teema valik kujunes asjaolust, et HadNet võrgu täpsuse kohta Eestis on vähe informatsiooni. Probleemne on nii teoreetilise tausta puudumine kui ka usaldusväärse täpsushinnangu vähesus. Teema on kindlasti aktuaalne, kuna Hadnet võrgul on üle 100 kasutaja (Tõnu Keller, isiklik) ning potentsiaalsetel kasutajatel võib huvi tekkida juba näiteks lähtuvalt teenuse hinnast.

Töö eesmärgiks on anda täpsushinnang HadNet võrgus tehtavatele RTK mõõtmistele. Uurimisülesandeks on leida selgus küsimusele, kui kaugele tehakse virtuaalne tugijaam vastuvõtjast. Tööks vajaliku info hankimise ja täpsuste uurimisega on aktiivsemalt tegeletud 2018. aasta sügisest. Täpsuse hindamiseks on töö käigus läbi viidud RTK testmõõtmised. Selle raames on lõputöö koostaja, Eesti Maaülikooli geodeesia eriala tudengid ning dotsent Harli Jürgenson viinud läbi RTK kontrollmõõdistused 20 erineval Eesti geodeetilise põhivõrgu I ja II klassi punktil. Tähelepanu pöörati HadNeti võrgu geodeetilise kõrguse täpsusele võrreldes Maa-ameti kindelväärtustega. Samuti on võrreldud keskmisi ruutvigu Trimble VRS Now kohta varem tehtud tööde tulemustega. Teatud määral on esialgseid tulemusi juba ka esitletud, nagu näiteks Harli Jürgensoni ettekandes EGÜ (Eesti Geodeetide Ühing) aastakonverentsil (2019. a märts) ning ka sama autori kirjutatud artiklis ajakirjale Geodeet. Käesolevas töös keskendutakse põhjalikumalt töö koostaja sooritatud mõõdistustele ja saadud tulemustele lähtuvalt töö eesmärgist ning lisatud on ka kaasüliõpilaste ja juhendaja poolt läbi viidud mõõdistuste tulemused.

Bakalaureuse töö sisuline osa koosneb kolmest peatükist, milleks on kirjanduse ülevaade, meetod ja materjalid ning tulemused ja arutelu. Esimeses peatükis antakse üldine ülevaade nii erinevatest GNSS (*Global Navigation Satellite System*) süsteemidest ning nende satelliitidest, RTN (*Real Time GNSS Networks*) konstellatsioonidest kui ka erinevatest püsijaamade võrkudest ja teenusepakkujatest Eestis. Teises peatükis seletatakse lahti mõõtmise meetodika, antakse ülevaade mõõtmistel kasutatud seadmetest ja nende seadistustest ning kirjeldatakse välitöö protsessi ning tingimusi. Kolmandas peatükis

analüüsitakse ja võrreldakse põhjalikult mõõdistustel saadud tulemusi. Samuti on lisatud keskmiste ruutvigade ja standardhälvete tabel.

Töös võrreldakse ka HadNeti ja Trimble VRS now võrkude keskmisi ruutvigu. Võrdluseks kasutatud Trimble VRS Now krvi on võetud Maaülikoolis eelnevalt kaitstud Orle ja Hiopi (2016) ja Rosenbergi (2018) bakalaureusetöödest.

Töös on püstitatud järgnev hüpotees:

1. HadNet tugijaamade võrk Eestis on tihe (Eesti keskkonnainfo... 2016) ning seetõttu peaks HadNet võrguteenuse täpsus olema ligilähedane Trimble VRS Now teenusele. Trimble VRS Now lubab lõppkasutajale horisontaalse täpsusega parandeid 1 - 3 cm ning vertikaalse täpsusega 1 - 5 cm (Geosoft OÜ, 2019b).

Täna bakalaureusetöö valmimisele kaasa aidanud juhendajat Harli Jürgensoni ning firmat AS Hades Invest Eesti Maaülikoolile tasuta litsentsi võimaldamise eest. Samuti keskkonnaobservatooriumi projekti, mille käigus on soetatud osad testseadmed.

# 1.KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.2. GNSS süsteemid ja nende konstellatsioonid

Rääkides globaalsest satelliitnavigeerimise süsteemist, mõistetakse selle all kosmoses asuvaid satelliitide süsteeme. Satelliidid edastavad GNSS vastuvõtjatesse signaale, mis sisaldavad satelliitide asukoha ja aja andmeid. Vastuvõtjad kasutavad seejärel neid andmeid oma asukoha määramiseks (European GNSS Agency 2019). GNSS on termin, mis hõlmab kogu maailma satelliitpositsioneerimise süsteeme (TerrisGPS... 2019). Nendeks süsteemideks Euroopas on Galileo, Ameerika Ühendriikides GPS, Venemaal GLONASS ja Hiinas BeiDou (European GNSS Agency 2019). Lisaks eeltoodud süsteemidele on arendamisel ka Iraanile kuuluv IRNSS ja Jaapanile kuuluv QZSS (GPS: The Global... 2017). GNSS-i iseloomustatakse nelja kriteeriumi alusel, milleks on:

- Täpsus – erinevus vastuvõtja mõõdetud asukoha, kiiruse ja ajaga võrreldes reaalsega
- Katkematus – süsteemi võime töötada katkematult
- Terviklikkus – suutlikkus tagada usaldusväärsust ning anda märku, kui tekivad anomaaliad positsioneerimise andmetes
- Kättesaadavus – ligipääsu tagamine teenusele võttes arvesse ülaltoodud kriteeriumeid (European GNSS Agency 2019).

### 1.2.1. GPS

Nagu varasemalt välja toodud, siis GPS kuulub Ameerika Ühendriikidele. Süsteemi käigushoidmise ja arendamise eest vastutab USA Õhujõud. Algselt oli tegemist sõjalistel eesmärkidel loodud süsteemiga, kuid 1983. aastal lubati asukohamääramise teenus ka USA-s tsiviilkasutusse (Rüdja, Sander 2013). Esimesed satelliidid lennutati orbiidile aastal 1978 (Rüdja, Sander 2013). GPS satelliidid tiirlevad ümber maakera kuuel võrdselt paigutatud orbiidil, mis asuvad maast umbes 20 200 km kõrgusel (GPS: The Global... 2019) ja asetsevad 55 kraadise kalde all (Federal... 2016). Iga satelliit teeb ööpäevas 2 tiiru ümber maakera (GPS: The Global... 2019). 18. mai 2019 seisuga kuulub GPS



konstellatsiooni 32 satelliiti, millest 31 on tegutsevad ja 1 hooldusfaasis. Hetkel töötavatest satelliitidest on kõige vanem 26. oktoobril 1993 aastal ning kõige noorem 5ndal veebruaril 2016 aastal orbiidile saadetud satelliidid. Praegu orbiidil tiirlevate töökorras GPS satelliitide keskmine vanus on 139,0 kuud (18.05.2019. a seisuga) (Information analytical... 2019c).

### **1.2.2. GLONASS**

Venemaa satelliit-asukohamääramise süsteem GLONASS hakkas testfaasis tööle 1993. aastal. Konstellatsiooni, kuhu pidi kuuluma 24 töötavat satelliiti, valmis kaks aastat hiljem. Vähesest rahastusest ja poliitilistest otsustest tingituna ei püsinud tehiskaaslaste arv sellisel tasemel. Konstellatsioon saavutas komplekteerituse taas aastal 2011, kui Maa orbiidil tiirles 24 töötavat ja 7 mittetöötavat (Rüdja, Sander 2013). GLONASS süsteemi satelliidid tiirlevad kokku kolmel orbiidil, igal orbiidil 8 satelliiti. Satelliidid tiirlevad umbes 19 000 km kõrgusel ning asetsevad 64,8 kraadise nurga all ekvaatori suhtes. Selline asetus teeb süsteemi eriti sobilikuks polaaraladel kasutamiseks (Rüdja, Sander 2013). 18. mai 2019 aasta seisuga on lisaks 24 opereerivale satelliidile GLONASS konstellatsioonis veel 1 varusatelliit ning 1 testimise faasis olev satelliit. Vanim praegu töötav satelliit saadeti orbiidile 25. detsembril 2006 aastal ning viimane 3. märtsil 2018. Antud töö koostamise hetkel oli GLONASS süsteemi satelliitide keskmiseks vanuseks 86,9 kuud (Information analytical... 2019b). Keskmise vanuse arvutamisel on kasutatud ainult opereerivaid satelliite.

### **1.2.3. BeiDou**

Hiina rahvavabariigi hallatava BeiDou navigeerimise satelliitsüsteemi (BDS) loomine jaguneb kolme etappi. 2000. aasta lõpuks valmis süsteem nimega BeiDou-1, mis pakkus asukohamääramise teenust ainult Hiina siseselt. Aastaks 2012 valmis süsteem nimega BeiDou-2, mis pakkus teenust juba Aasia ja Vaikse ookeani piirkonnale. Kogu maailmale teenuse osutamine plaanitakse töökorda saada 2020. aastaks, kui peaks valmima kolmas etapp nimega BeiDou-3 (Test and Assessment... 2019).

18.05.2019 aasta seisuga koosneb BeiDou süsteem 39st satelliidist (Information analytical... 2019a), mis asuvad umbes 21 500 km kõrgusel (Rüdja, Sander 2013). Satelliitidest 33 on töötavad ning 6 mitteaktiivsed. Kõige varasem praegu töötavates satelliitidest saadeti orbiidile 17. jaanuar 2010. Kui rääkida praegu toimivatest satelliitidest, siis viimase lennuga saadeti orbiidile kaks satelliiti ning see toimus 19.11.2018. Kõige noorem hetkel mittetoimiv satelliit saadeti teele 20. aprill 2019. Saadaval olevate satelliitide keskmine vanus on 43,2 kuud (Information analytical... 2019a). Siiski peab mainima, et hetkel HadNet võrk BeiDou satelliite ei toeta. Kuna selle süsteemi satelliite on tulnud juurde pöörase kiirusega, oleks soovitav HadNet võrgul küll see tugi lisada. Kui vaadata kattuvuse ala, siis on näha, et Eestis näeb neid satelliite veel küllaltki hästi, kuigi need paiknevad rohkem idataevas.

#### **1.2.4. GALILEO**

Kui GPS ja GLONASS süsteemid olid algselt loodud sõjalistel eesmärkidel, siis GALILEO on loodud pigem tsiviilkasutaja vajadusi silmas pidades. Esimesed testsatelliidid saadeti orbiidile 2005. ja 2008 aastal (Rüdja, Sander 2013).

2019. a maikuu seisuga koosneb GALILEO süsteem 26 tehiskaaslasest, millest 22 on töötavad, 2 on mittetöötavad ja 2 on hetkel testimise faasis (European GNSS Service... 2019a). Satelliidid asetsevad ekvaatori suhtes 56 kraadise nurga all kokku kolmel erineval orbitaaltasandil. Orbiidid asuvad 23 000 km kõrgusel ning ühe tiiru tegemiseks kulub satelliitidel 14h (Rüdja, Sander 2013). Vanim praegu toimivatest satelliitidest tiirleb orbiidil alates 21. okt 2011. a ning noorim alates 25. juulist 2018. Võttes arvesse ainult hetkel saadaolevad tehiskaaslased, tuleb nende keskmiseks vanuseks 36,0 kuud (European GNSS Service... 2019b). Kuna need satelliidid paiknevad hetkel Eesti jaoks rohkem läänetaevas, siis moodustaks nad koos BeiDou süsteemiga olulise terviku.

### 1.3. Võrgu RTK ja selle erinevad kontseptsioonid

Käesoleva töö koostamisel kasutatud RTN mõõtmisviisist rääkides on oluline peatuda ka reaajas kinemaatilisel mõõtmisviisil (*Real Time Kinematic*; edasipidi RTK). RTK lubab plaanilise asendi täpsuseks 1cm + 2ppm ja vertikaalsuunaliselt 2 cm + 2ppm. Selline mõõtmine eeldab kaheagedusliku vastuvõtja kasutamist. RTK jõudis kasutajateni juba 1993. aastal, kui said valmis vajalikud riist- ja tarkvaralised lahendused. Täpsemalt asetseb RTK mõõtmistel üks GNSS vastuvõtjatest (baasjaam) teadaolevate koordinaatidega punktil ning samal ajal liigub teine (või ka teised; nn liikuvjaam(ad)) ühelt määratavalt punktilt teisele. Seejuures on oluline baas- ja liikuvjaama vahelise reaajaja andmeside töökorrasus (Internet, raadio- või mobiilside). Mõõdetakse jaamade vahelist vektorit, mille abil arvutatakse reaajas kogu liikumistrajektoor või pikemaajaliste seisupunktide koordinaadid valitud punktides. Siiski on palju tööde puhul tulemuste usaldusväärsuse ning ajalise ja finantsiliste kulude kokkuhoiu mõttes arukam kasutada juba olemasolevaid püsijaamu (mõõtmismeetod ise on sama) (Rüdja, Sander 2013), millest antakse ülevaade järgnevas peatükis.

#### 1.3.1. RTN

RTK mõõtmistele sarnanevad reaajas püsijaamade võrgu toel tehtavad GNSS mõõtmised (*Real Time Network*; edasipidi RTN), mida peetaksegi püsijaamade võrke kasutavaks RTK versiooniks (Rüdja, Sander 2013). RTN esimene versioon VRS jõudis kasutajateni 2003. aasta paiku (Gakstatter 2009), seda peetakse tänapäeva maamõõdutöodes enim kasutatud leidvaks meetodiks (Rüdja, Sander 2013) ning seda mõõtmisviisi kasutas ka käesoleva töö autor. RTN süsteemi osad on püsijaamade võrk, mõõtmisandmeid reaajas koondav arvutuskeskus e server ning selle juures või eraldiseisvalt asuv parandite edastamise süsteem. RTN mõõtmisviisi kohta kasutatakse erinevaid termineid, millest tuntumaks on Network RTK ehk võrgu RTK. RTK ja RTN-i peamiseks erinevuseks peetakse seda, et RTN kasutab parandite saamiseks oma baasjaama asemel juba olemasolevate püsijaamade võrke. Seejuures ei ole kasutajate e liikuvjaamade hulk piiratud. Püsijaamade võrgu kasutamise üheks plussiks on see, et sellega kaasneb võimalus modelleerida paremini vahemaast sõltuvaid ebatäpsusi. Seda seetõttu, et võrk tekib punktidest, kus teadaolevaid

koordinaate saab võrrelda mõõdetavatega, mistõttu saab kasvada mõõdetava vektori pikkus (ulatudes 50-100 km-ni) võrreldes RTK-ga (Rüdja, Sander 2013).

RTN süsteemi toimimise aluseks peetaksegi suure täpsusega teadaolevaid püsijaamade asukohti, mis on juba kindlaks tehtud pikkade sessioonidena toimunud staatiliste mõõtmiste abil. Lisaks sellele peavad teada olema ka püsijaamade vahelised üksik- ja kaksikvahede algtundmatud, kuna see võimaldabki vigade modelleerimist (Rüdja, Sander 2013). Olulisemaks võrgu andmetöötamise etapiks ongi algtundmatute lahendus, mis toimub reaalsajas. Algtundmatute lahendamiseks peab olema suutlikkus ka siis, kui tekivad tsüklilikestused või ilmuvad nähtavale uued satelliidid. Keeruliseks muudab algtundmatute lahendamise püsijaamade omavaheline kaugus. Samas lihtsustavateks teguriteks peetakse muuhulgas teadaolevaid koordinaate, väiksemat mitmeteelisuse ohtu ja juba olemasolevate andmete analüüsi (Jones ja Kelly, 2007).

Andmetöötuspõhimõtete järgi saab püsijaamade toel tehtavaid mõõtmisi jagada kaheks:

- Esimene variant on ühesuunalist sidet eeldav lähenemine, mispuhul saadetakse liikuvjaamale püsijaamade võrgu mõõtmisandmed koos vajalike parandite mudelitega. Vastuvõtja ülesandeks jääb parandite modelleerimine liikuvjaama asukohast lähtuvalt. Tegelikult on praegu võimalik ka selliste meetodite puhul kasutada kahesuunalist sidet e edastada oma asukohaandmed teenusepakkujale. Tuntumad ühesuunalist sidet eeldavad meetodid on FKP ja MAX.
- Teiseks variandiks on kahesuunalist sidet eeldav lähenemine, mispuhul arvutatakse liikuvjaama esialgse asukoha teadmise abil sellele kõige paremini sobivam lahendus. Selline lähenemine eeldab kahesuunalist sidet vastuvõtja ja serveri vahel. Tuntumad kahesuunalist sidet eeldavad meetodid on VRS ja iMAX (Rüdja, Sander 2013).

Järgnevalt antaksegi ülevaade RTN-i erinevatest tugivõrkude meetoditest, keskendudes VRS-le, mis on Hadneti pakutavatest meetoditest ainuke.

### 1.3.2. FKP

FKP (*Flächen-Korrektur-Parameter*, ingl. *Area Correction Parameters*) arendati välja 1990-ndate keskel ning see on RTN võrgu kontseptsioonidest vanim (Rüdja, Sander 2013). Esialgu töötati FKP välja kõrge maksumusega GPS-vastuvõtjate kandjafaasi mõõtmiseks (Jungbeom jt 2017). Praegu arvutatakse FKP meetodiga lineaarse interpoleerimise teel referentsjaamadele atmosfääri ja orbiidi parandeid ning edastatakse need kasutajale. Kui kasutajale edastatakse teenusepakkuja poolt arvutatud võrgulahendused koos tervet ala hõlmavate paranditega, genereerib vastuvõtja ise nende põhjal korrektsioonid oma asukohast lähtuvalt. Tavaliselt tehakse mõõtmisi ühe referentsjaama suhtes. Kuna võrgu andmetöötluse ressursimaht ei ole kasutajate arvust sõltuv, võimaldab FKP ühesuunalise side tõttu piiramatult kasutajaid (Rüdja, Sander 2013). Eestis suudab FKP põhimõtet kasutada vaid Maa-ameti RTN võrk, kuna see toetub Leica tarkvarale.

### 1.3.3. MAX

MAX (põhi- ja abijaamade parandid, ingl. *Master Auxiliary Corrections*) on Leica poolt välja töötatud süsteem. Selle meetodi puhul on võrgust valitud üks põhireferentsjaam ning teised on abijaamad. Juhul, kui võrk on suur, rühmitatakse jaamad ning määratakse igale rühmale oma põhijaam. Abijaamad, mis asetsevad rühmade servades, võivad kuuluda korraga mitme rühma koosseisu (Rüdja, Sander 2013).

Püsijaamade võrgu andmetöötlus koosneb neljast etapist. Esmalt eeltöödeldakse vaatlusandmeid, misjärel lahendatakse algtundmatud ning arvutatakse vajalikud parandid. Seejärel edastatakse kasutajale põhijaama mõõtmisandmed ja koordinaadid ning abijaamade algtundmatud ja koordinaatide erinevused põhijaama suhtes. Sama kehtib parandite osas – edastatakse vaid põhijaama parandid ning abijaamade parandite erinevused võrreldes nendega. Edaspidine sõltub juba kasutaja võimalustest ja vajadustest. Nimelt võib vastuvõtja endale parandeid interpoleerida nagu FKP puhul, aga võib kasutada ka abijaamade andmeid (Rüdja, Sander 2013).

#### 1.3.4. iMAX

iMAX (ingl. *individualized MAX*) on samuti Leica poolt välja töötatud ning see on tuntum meetod kui MAX. iMAX süsteem loodi vanemate vastuvõtjate tarbeks, mis ei toetanud MAX-i kasutamist. iMAX sarnaneb oma olemuselt VRS-ga, millele keskendutakse järgmises alapeatükis. Lühidalt võib siiski öelda, et iMAX-i süsteem eeldab esimese asjana liikuvjaama asukoha edastamist teenusepakkujale, misjärel saadakse vastu põhi-referentsjaama vaatlusandmed ja parandid, lisaks parandite erinevused põhi- ja abijaamade vahel. Andmete kättesaamisel saab liikuvjaam arvutada peajaama ja liikuvjaama vahelise vektori ning nende andmete põhjal ka oma lõpliku asukoha (Rüdja, Sander 2013).

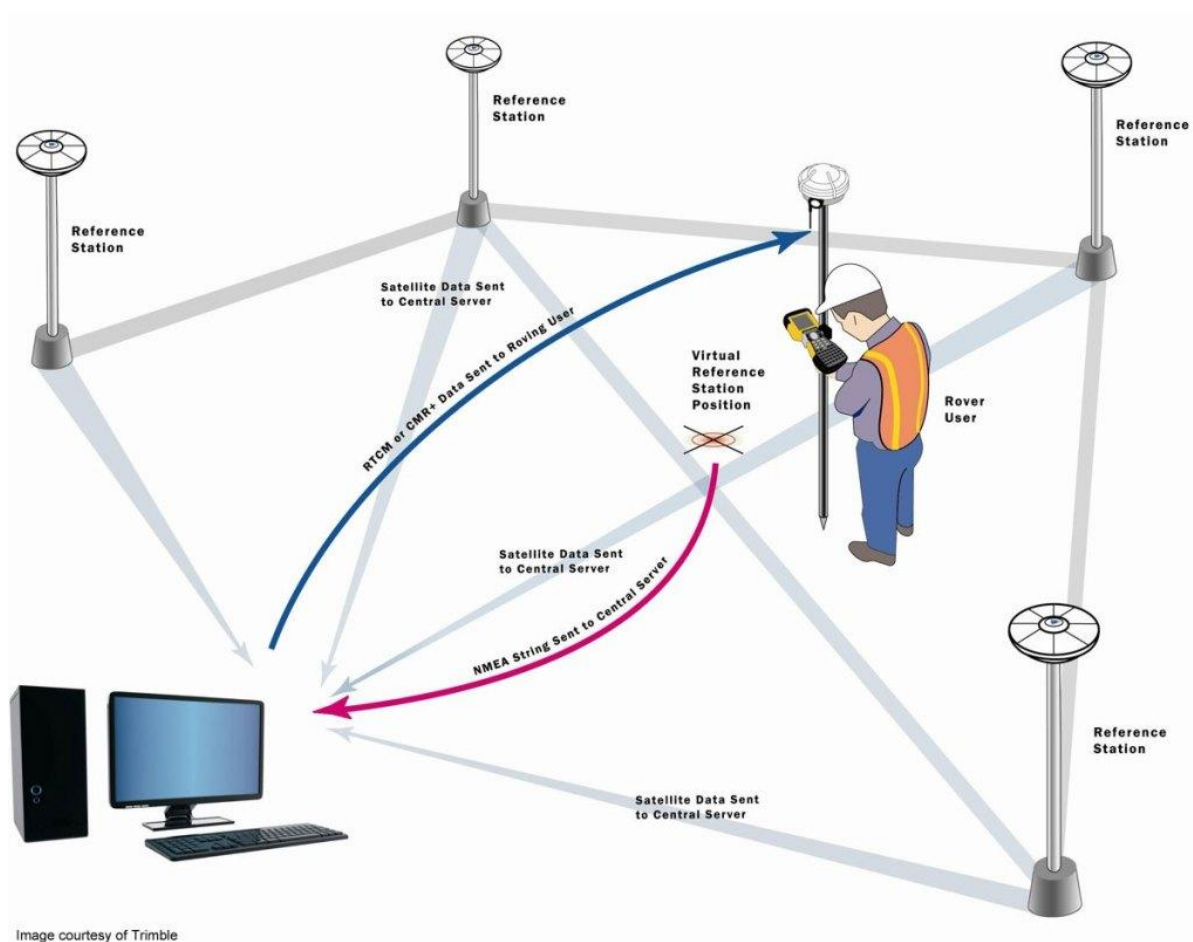
iMAX-i suurimaks erinevuseks VRS-ga peetakse seda, et iMAX kasutab virtuaalse jaama asemel reaalselt püsijaama. Erinevus võrreldes MAX-iga on aga see, et iMAX jätab vastuvõtjale vähemal määral andmetöötlusmahte (server tegeleb ise püsijaamade võrgu algtundmatute lahendamisega; parandite arvutamisega, liikuvjaama asukohale interpoleerimisega ning rakendamisega peajaama vaatlusandmetele). Nagu eelnevalt mainitud, jääb vastuvõtja ülesandeks vaid oma asukoha arvutamine vastavalt serverist saadud andmetele (Rüdja, Sander 2013).

#### 1.3.5. VRS

VRS (virtuaalne referentsjaam, ingl. *Virtual Reference Station*) on Trimble poolt välja töötatud teenus, mida edastab Eestis ka Geosoft OÜ. Trimble VRS Now teenus on üleriiklik ning see kasutab kõiki kontroll- ehk püsijaamade võrke, mis paiknevad üle kogu Eesti (Geosoft OÜ 2019b). Kuna liikuvjaama asukoha parima lahenduse kätte saamiseks on vajalik püsijaamade võrgu serveril omada infot vastuvõtja asukoha kohta, on erinevate GNSS seadmete arendajad loonud erinevaid võimalusi parima teenuse osutamiseks. Kõige rohkem levinud ongi Trimble VRS ning eelnevalt välja toodud Leica iMAX (Rüdja, Sander 2013).

VRS-i kontseptsioon (joonis 1) seisneb selles, et püsijaamad saadavad oma andmeid andmetöötluskeskusesse ehk serverisse, kus arvutatakse välja kogu võrgu andmete põhjal

ja atmosfäärilist tulenevaid vahemaast sõltuvate vigade mudeleid (Geosoft OÜ 2019b; Rüdja, Sander 2013). Mudelite arvutamisele eelneb oluline protsess, kus püsijaamade täpsete asukohtade ja kõikide jaamade faasmõõtmiste tulemuste abil lahendatakse kõigi jaamade faasmõõtmiste algtundmatud. Samal ajal saab liikuvjaam nt GPRS-ga edastada oma arvutatud ligikaudse asukoha serverisse, kus genereeritakse reaajas liikuvjaama asukohta või selle lähedusse virtuaalne referentsjaam, millest liikuvjaam parandeid saada hakkab. Sellisel moel andmete liikumine on ka põhjuseks, miks VRS kahesuunalist andmesidet eeldab (Rüdja, Sander 2013).



**Joonis 1.** VRS tööpõhimõte (GIS Resources 2019).

VRS-i eelisteks peetakse juurdepääsu RTK parandustele, sentimeetritäpsust, Trimble optimeeritud VRS tehnoloogia kasutamist, ökonoomset ja lihtsat kasutamist, kompaktsust, professionaalset turvatust ja juhitavust. Lisaks peetakse oluliseks seda, et VRS meetod ei vaja baasjaama seadistamist (Geosoft OÜ 2019b) ning virtuaalse referentsjaama lähedusest tingitult on vahemaast sõltuvaid vigu minimaalselt (Rüdja,

Sander 2013). Petovello (2011) on välja toonud eeliseid ka liikuvjaama seisukohast ning nendeks on lihtne kaksikvahede arvutus ning juba võrgulahenduses tehtavate keerukate arvutuste ärajäämine. VRS-i miinusteks võib pidada aga seda, et kasutatakse virtuaalseid (reaalses elus mitteeksisteerivaid) mõõtmisandmeid ja nendele vastavaid parandeid. Seetõttu ei ole soovi korral enam hiljem võimalik liikuv- ja referentsjaama vahelist vektorit üle mõõta ning mõõtmised pole korratavad (Rüdja, Sander 2013).

## **1.4. RTK GNSS püsijaamade võrgud Eestis**

Eestis töötab kolm RTK GNSS võrku, millest kaks pakuvad teenust ka eraettevõtetele ja tavakasutajatele. Nendeks on Hades Invest OÜ pakutav Hadnet (Topconi teenust kasutav RTN võrk Eestis) ning Geosoft OÜ vahendatav Trimble VRS now. Eesti riikliku GNSS püsijaamade võrku haldab Maa-amet, mis kommertsile teenust ei osuta. Antud lõputöö jaoks vajalike andmete kogumiseks kasutati Hadnet püsijaamade võrku.

### **1.4.1. Eest riiklik GNSS püsijaamade võrk**

Riikliku GNSS püsijaamade võrgu toimimise eest vastutab Eestis Maa-amet. Maa-ameti püsijaamade võrku kuulub 2016. aasta seisuga 27 püsijaama, millest esimene püstitati 1996. aastal Suurupi tuletorni. Võrku täiendati aastatel 2007-2008, kui paigaldati 8 uut GNSS püsijaama. Võrguseadmete vananemise, võrgu hõreduse ja ebapiisava täpsusega asukohamäärangu tõttu otsustati peagi püsijaamade võrku moderniseerida. Selleks püstitati 2014-2015 aastal Eestisse 18 uut püsijaama, mille käigus lisati 13 püsijaamale meteosensorid ilmastikuandmete kogumiseks. Lisaks vahetati välja 9 jaama seadmestik, kuna need ei suutnud tagada enam piisavat töökindlust (Eesti keskkonnainfo... 2016).

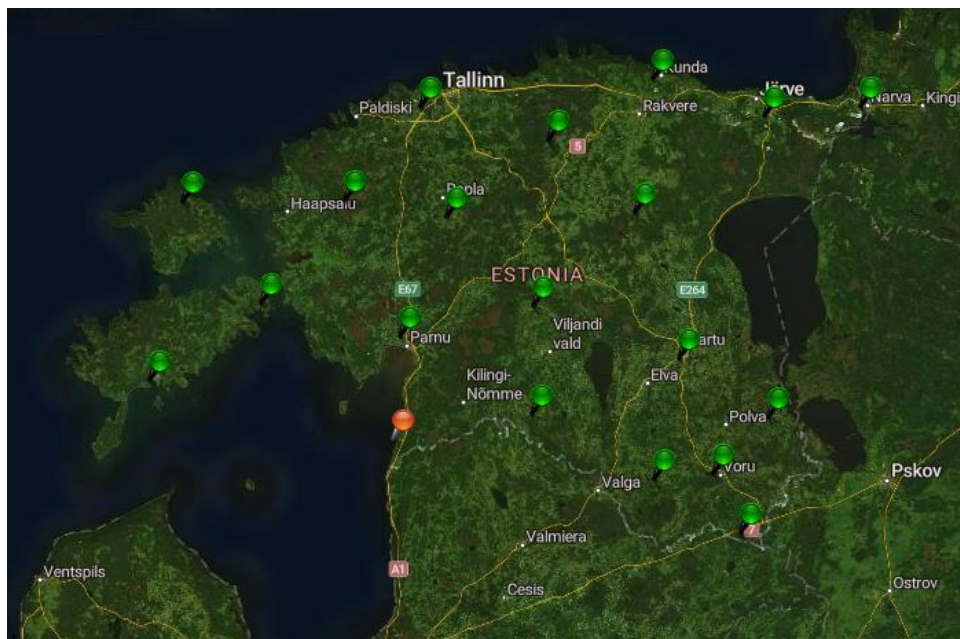
Maa-ameti püsijaamade võrku kasutatakse näiteks aeropildistamiseks, välikaardistuseks, katastriüksuste kontrollmõõdistamiseks, geodeetiliste punktide kontrollmõõdistusteks kui ka laserskanneerimiseks vajaminevate märkide koordineerimiseks. Infot kasutavad erinevad ametkonnad, ministriumid ja instituudid. Samuti on teaduslike ja õppetööga seonduvate eesmärkide jaoks ligipääs tagatud ka erinevatele Eesti kõrgkoolidele (Geoportaal... 2018).



#### 1.4.2. Trimble VRS Now

Eestis Geosoft OÜ poolt pakutav Trimble VRS Now on üleriiklik kommertsteenust, mis pakub maamõõtjatele, geograafiaspetsialistidele ja tsiviilehitajatele üle kogu riigi juurdepääsu paranditele, tänu millele saab määrata oma oma asukoha sentimeetri täpsusega. Parandite saamiseks kasutab Trimble VRS Now üle kogu Eesti paigaldatud kontrolljaamade võrku. Lõppkasutajatele lubatakse kõrguslikuks täpsuseks 1-5 cm (Geosoft OÜ... 2019d).

Trimble VRS Now võrgu paigaldamine sai alguse 2006 aastal Tallinnas. 2007. aasta lõpuks oli valmis 5 püsijaama ning järgmise kahe aasta jooksul lisandus veel 16 püsijaama. VRS teenust hakati pakkuma 2009. aastal (Valdmaa 2010) ning käesoleva aasta seisuga koosneb võrk 19st referentsjaamast (joonis 2) (Geosoft OÜ 2019c).



**Joonis 2.** Trimble VRS Now referentsjaamad (Trimble VRS... 2019).

#### 1.4.3. Hadnet RTN võrk

HadNet on Topcon VRS teenust edastav RTN võrk, mis kasutab Topconi poolt toodetud VRS tugisüsteemi tarkvara nimega Topnet+ (Keller 2019), mis on kasutusel ka mujal

maailmas, nt Uus-Meremaal, Ühendkuningriikides ja Põhja-Ameerikas (Denys jt 2017; Geo-matching 2019; LH-Agro...2019). Eestis vahendab teenust Hades Invest OÜ. HadNet võrk koosneb 19. mai 2019 aasta seisuga 28-st toimivast püsijaamast (joonis 3), kuid lähiajal on plaanis lisada veel kaks jaama. Samuti on plaanis osad jaamad ümber paigutada, et suurendada efektiivsust. Kui on saavutatud 30-st püsijaamade võrgust koosnev RTN võrk, siis lähitulevikus enam uute jaamade rajamist ette nähtud ei ole (Keller 2019).



**Joonis 3.** HadNet püsijaamade 2017. aasta seisuga (Kirs 2017).

Maamõõtjatest kasutab HadNeti teenust hetkel üle saja kasutaja, kuid põllumajanduse poole pealt on kasutajaid 3-4 korda rohkem. HadNet toetab nii GPS kui ka GLONASS satelliitsüsteeme, kuid tööd on alustatud ka BeiDou ja Galileo süsteemide lisamiseks. Täisfunktsionaalsuse peaks võrk saavutama 2-3 aasta jooksul. Kasutusel on nii L1, L2, L2C kui ka L5 signaal. Teenus võimaldab ühendada ka lähimasse tugijaama (Keller 2019). HadNetis kasutatavatest andmeedastusformaatidest ja ühenduspunktidest annab väikse ülevaate järgnev tabel (tabel 1).

**Tabel 1.** HadNetis kasutusel olevad andmeedastusformaadid ja ühenduspunktid

Ntrip Mountpoint /	Port #	Service Type	Data Format	Messages (period)	L1/L2	Sat.Systems
	4165	Network RTK	CMR	1(10),0(1)	2	GPS+GLN
	4273	Network RTK	CMR	1(10),0(1)	2	GPS+GLN
	8207	Network RTK	RTCM 2.3 RTK	23(10),24(10),18(1),19(1)	2	GPS+GLN
	8210	RTK(SOJAMAE)	RTCM 2.3 RTK	23(10),24(10),18(1),19(1)	2	GPS+GLN
	8211	RTK(SOJAMAE)	RTCM 3.0	1005(10),1007(10),1033(10),1230(10),1004(1),1012(1)	2	GPS+GLN
CMR	8209	RTK[Auto]	CMR	1(10),0(1)	2	GPS+GLN
CMR+	8205	RTK[Auto]	CMR+	0(1)	2	GPS+GLN
DGPS	8204	DGPS[Auto]	RTCM 2.3 DGPS	3(10),1(1),31(1)	0	GPS+GLN
IMC	8225	RTK(HAADEMEESTE)	RTCM 3.0	1005(10),1007(10),1033(10),1230(10),1003(1),1011(1)	2	GPS+GLN
RTK	8005	RTK[Auto]	RTCM 2.3 RTK	23(10),24(10),18(1),19(1)	2	GPS+GLN
SOJAMAE	8214	RTK(SOJAMAE)	CMR	1(10),0(1)	2	GPS
VRS	8010	Network RTK	CMR	1(10),0(1)	2	GPS+GLN
VRSCMR	8223	Network RTK	CMR+	0(1)	2	GPS+GLN
VRSX	8215	Network RTK	RTCM 3.0	1005(10),1007(10),1033(10),1230(10),1032(10),1004(1),1012(1)	2	GPS+GLN
VRS_GPS_ONLY	8212	Network RTK	CMR	1(10),0(1)	2	GPS
VRS_RTCM_3_0	8213	Network RTK	RTCM 3.0	1005(10),1007(10),1033(10),1230(10),1032(10),1003(1),1011(1)	2	GPS+GLN
WIN1	8226	RTK[Auto]	RTCM 3.0	1005(10),1007(10),1033(10),1230(10),1004(1),1012(1)	2	GPS+GLN
WIN2	8221	RTK[Auto]	RTCM 3.0	1005(10),1007(10),1033(10),1230(10),1003(1),1011(1)	2	GPS+GLN
WIN2	8224	RTK[Auto]	RTCM 3.0	1005(10),1007(10),1033(10),1230(10),1003(1),1011(1)	2	GPS+GLN
Z1RISTNA	8217	RTK(RISTNA)	RTCM 3.0	1005(10),1007(10),1033(10),1230(10),1004(1),1012(1)	2	GPS+GLN
ZDG1	8219	DGPS[Auto]	RTCM 2.3 DGPS	3(10),1(1),31(1)	0	GPS+GLN
ZDG2	8220	DGPS[Auto]	RTCM 2.3 DGPS	3(10),1(1),31(1)	0	GPS+GLN
ZKEILA	8222	RTK(KEILA)	RTCM 3.0	1005(10),1007(10),1033(10),1230(10),1004(1),1012(1)	2	GPS+GLN
ZSOJAM	8216	RTK(SOJAMAE)	RTCM 3.0	1005(10),1007(10),1033(10),1230(10),1004(1),1012(1)	2	GPS+GLN
ZVRS_RTCM_3_0	8218	Network RTK	RTCM 3.0	1005(10),1007(10),1033(10),1230(10),1032(10),1004(1),1012(1)	2	GPS+GLN

## **2. MEETOD JA MATERJALID**

### **2.1. Virtuaalse tugijaama kaugus mõõtjast Hadnet võrgus**

HadNet püsijaamade võrgus on võimalik luua virtuaalset tugijaama nii enda lähedale kui ka mõne km kaugusele. Töö autor viis Eesti Maaülikooli õpperuumis läbi testi, kus uuriti, kui kaugel asetseb vastuvõtjast virtuaalne tugijaam pärast võrguga ühendamist. Kokku tehti neli katset ning need jagunesid omakorda kaheks. Esimesel kahel võrguga ühendamisel valiti andmete vahendamiseks rahvusvaheline RTCM formaat. Seda saab teha *Survey Style* alt valides mõõtemetodiks VRS(RTCM). Tehti kaks testi, kus ühel korral määrati ühenduspunkti (*mountpointi*) stiiliks VRSx ja teisel korral VRS30, mis mõlemad kasutavad RTCM 3.0 korrektsiooni. VRSx puhul loodi referentsjaam vastuvõtjast 0,3 km kaugusele, kuid VRS30 stiili puhul jäi referentsjaam juba 5 km kaugusele. Kaugust on võimalik näha *File* menüü käsu *Review Job* alt, kus on kuvatud virtuaalse tugijaama geodeetilised koordinaadid. Kahel viimasel võrguga ühendamisel valiti andmete edastamiseks Trimble formaat CMR valikuga VRS(CMR). Esimesel korral valiti ühenduspunkti mõõtmisstiiliks VRS ja teisel VRSCMR. VRS puhul loodi virtuaalne jaam vastuvõtjast 5 km ja VRSCMR puhul 0,25 km kaugusele.

Töö autori välimõõtmistel kasutati mõõtmisstiili VRSx, mis tagas virtuaalse punkti läheduse. Mõõtmisraportist saadud referentsjaamade koordinaatide sisestamisel kaardirakendusse leiti, et näiteks Veia97 punktil mõõtes lõi HadNet parandeid edastava referentsjaama vastuvõtjast 0,5 km kaugusele.

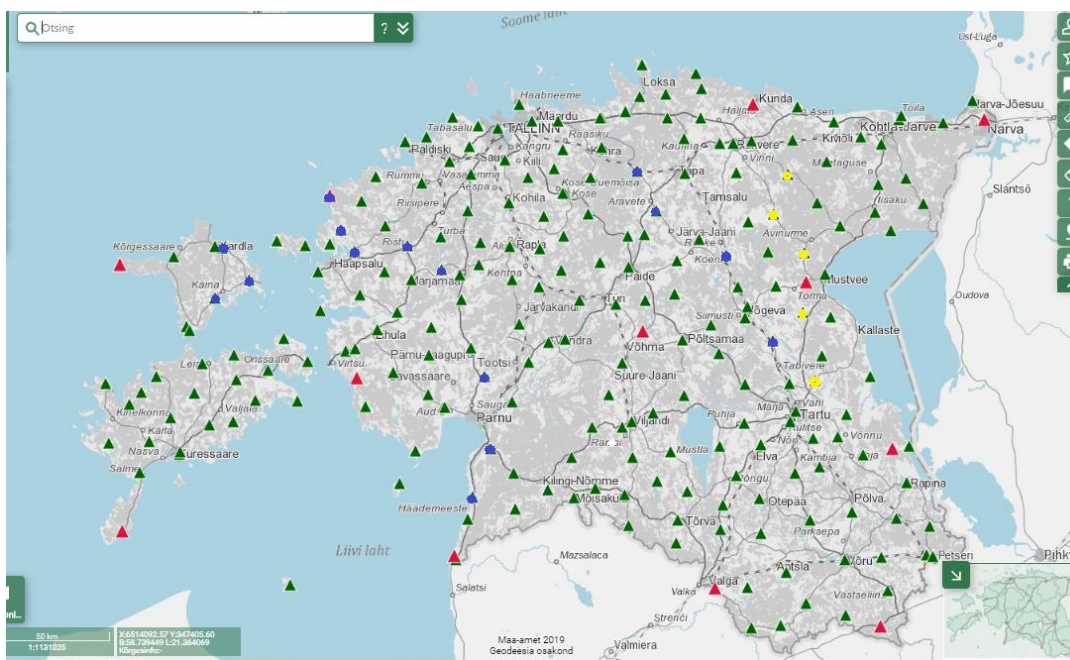
### **2.2. Kontrollmõõtmiste punktide valik**

Käesoleva töö eesmärgist lähtuvalt valiti põhimeetodiks RTK kontrollmõõtmised Eesti riigi geodeetistel põhivõrgu punktidel kasutades HadNet püsijaamade võrku. Käesolevas peatükis antakse põhjalikum ülevaade lõputöö koostaja poolt valitud punktide kohta. Töös võrreldakse geodeetilist kõrgust Maa-ameti kodulehel saadaolevate väärtustega. Kuna



uuritud on vaid GNSS mõõtmiste täpsust, siis geoidi mudeliga parandatud väärtusi ei vaadelda. Nii saame võrrelda originaalsuurst.

Kontrollitavaid punkte valiti viis: Preedi97, Veia97, Adraku97, Muuga97 ja Palasi97. Kõikide punktide puhul oli tegemist Riigi geodeetilise põhivõrgu II klassi kuuluvate punktidega ning need asusid Ida-Eestis. Valiku tegemisel lähtuti sellest, et punktid oleksid vähemalt I või II klassi kuuluvad punktid ja üksteisest võrdlemisi kaugel. Mõõtmised viidi läbi 9. novembril 2018. Tegemist oli pilves ja niiske, kuid sademetevaba ilmaga. Õhutemperatuur jäi 3-4 soojakraadi vahele. Teiste poolt kontrollitavaid punkte oli 15 ning igas ühes viidi läbi vähemalt kaks mõõtmist. Nendeks olid Laadi97, Häädemeeste97, Are97, Sipa97, Risti97, Sutlepa97, Dirhami97, Jäneda97, Orgmetsa97, Edru97, Pikkjärve97, Linnamäe97, Suuremõisa97, Kärkla97 ja Luguse97. Valitud geodeetilisest punktidest annab ülevaate järgmine joonis (joonis 4).



**Joonis 4.** Kontrollmõõdistusteks valitud geodeetilised punktid. Kollasega on kujutatud punktid, milles mõõtmisi teostas töö autor ning sinisega on kujutatud punktid, kus mõõtmised viisid läbi kaasüliõpilased ja Harli Jürgenson.

## 2.3. Mõõtmiste metoodika ja seadmed

Mõõtmiste läbiviimiseks kasutati Trimble R8s GNSS vastuvõtjat ning väliarvutit Trimble TSC3, mille kohta antakse ülevaade järgnevas alapeatükis. R8s on valitud seetõttu, et see on ainuke GNSS seade osakonnas, mis toetab ka GPS L5 signaali. Komplekti kuulusid veel 2 meetrine jäik sau, et vältida sau kõrgusest tulenevat viga, samuti lisaakud ja sauahoidja. Eelnevat sau vertikaalsuse kontrolli läbi ei viidud, kuna väike vertikaalsuse erinevus ei mõjuta oluliselt kõrguslikku täpsust. Samal põhjusel ei peetud vajalikuks kasutada vastuvõtja hoidmiseks statiivi. Mõõtmine viidi läbi viisil, kus sau koos vastuvõtjaga asetatati fikseeritult geodeetilise punkti tsentrile. Igal punktil teostati mõõtmine kolmel korral ning seda erinevate initsialiseerimistega, välja arvatud Preedi97 punktil, kus mõõtmisi oli 4.

Kui rääkida mõõtmiste efektiivsusest, siis peab rõhutama, et see sõltub GNSS seadmest, mitte teenusepakkujast. Pärast virtuaalse tugijaama loomist algavad initsialiseerimisarvutused, mis toimuvad GNSS seadme sees ja kasutavad selle protsessorit. R8s seadme korral toimusid need lagedal sisuliselt 1-2 sekundiga, mis on tänapäeval normaalne isegi 20 satelliidi korral. Tulemuse täpsus sõltub muidugi mõlemast faktorist: nii virtuaalse tugipunkti modelleerimise täpsusest kui ka initsialiseerimise täpsusest. Lisaks mõjutavad x ja y väärtust veel sau stabiilsus.

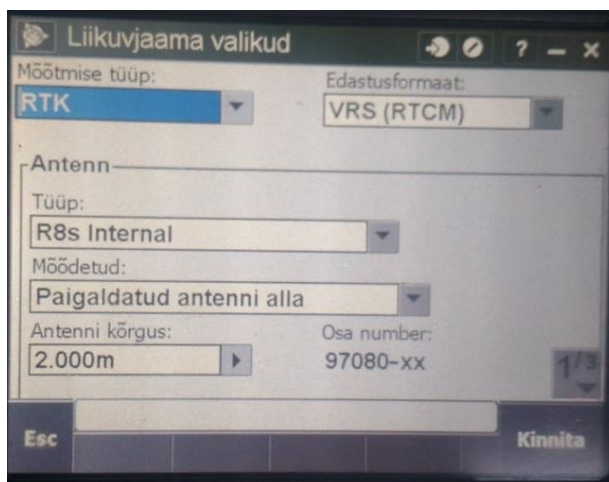
Mõõtmistäpsuse iseloomustamiseks on arvatud tulemustest keskmine ruutviga. Selleks kasutati Gaussi valemit.

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}},$$

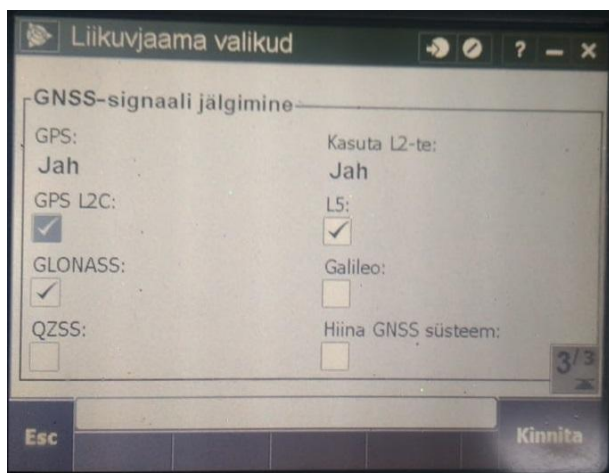
kus  $[\Delta^2]$  on juhuslike vigade ruutude summa ja  $n$  on mõõtmiste arv (Randjärv 2006). Standardhälbe leidmiseks kasutati Exceli funktsiooni. Standardhälve ehk vigade paiknemise üksteise suhtes on arvatud MsExceli funktsiooniga STDEV.

### 2.3.1. Väliarvuti seadistamine ja parameetrite valik

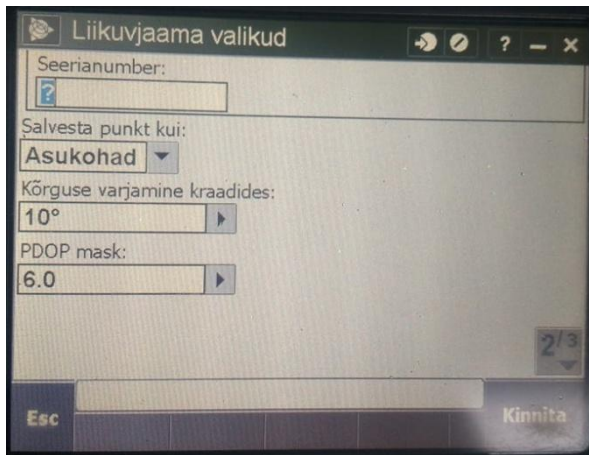
Mõõtmiste alustamiseks loodi väliarvutis uus töö. *Rover options* alt seadistati väliarvuti nii, nagu mõõtmiste läbiviimiseks vajalik oli. Määratleti ära, et mõõtmisteks kasutatakse ainult GPS ja GLONASS süsteemide signaale, sh L2C ja L5, samuti seati satelliitide tõusunurgaks 10 kraadi, andmeedastusformaadiks valiti VRS(RTCM) ja stiilik (mountpoint) VRSx. Mõõtmisajaks määrati 3 sekundit, sauja kõrguseks 2 meetrit ning kõrgus mõõdeti vastuvõtja alla. Seadistustest annavad ülevaate järgmised joonised (joonis 5 – 8).



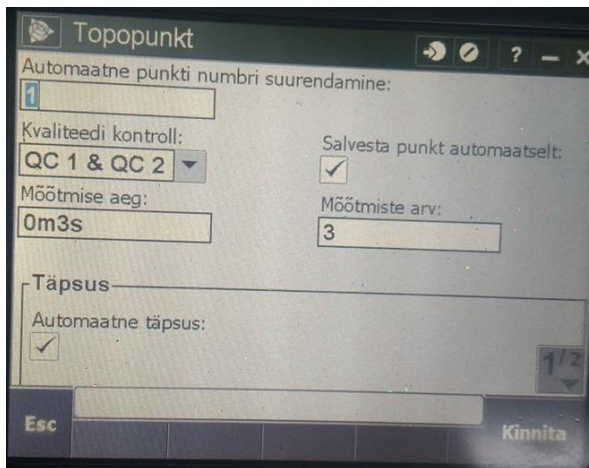
Joonis 5. Kuvatõmmis liikuvjaama seadistustest.



Joonis 6. Kuvatõmmis mõõtmistel kasutatud satelliitsüsteemidest ja -signaalidest.



**Joonis 7.** Kuvatõmmis valitud satelliitide tõusunurga kohta.



**Joonis 8.** Kuvatõmmis mõõtmisaja valiku kohta.

### 2.3.2. Kasutatud seadmed

Töös kasutati mõõdistuste läbiviimiseks Trimble TSC3 väliarvutit (joonis 9), mis on edasiarendus Trimble integreeritud mõõtelahendusest IS Rover. TSC3 ühendab endas mitme seadme eeliseid, lihtsustades sellega pisut maamõõtjate tööd ning aidates neil paremini aega kasutada ning ka kokku hoida (Geosoft OÜ 2019b).





**Joonis 9.** Trimble TSC3 väliarvuti (Geosoft OÜ 2019b).

Täpsemalt on selle seadmega võimalik maamõõtmisandmetele lisada ka objektist tehtud fotosid, tõhustada välitööpaiga ja kontori omavahelist suhtlust ning planeerida oskuslikumalt töid seoses jälgimisrakendustega. Väliarvutist objektile mõõtmisandmetele fotode lisamise tarbeks on väliarvuti sisse ehitatud 5 MP automaatse teravustamisega kaamera ja LED välklamp. Et pilte hiljem probleemideta üles leida, lisatakse tehtud fotodele automaatselt ka geosiltide andmed (Geosoft OÜ 2019b).

Tarkvarana kasutab TSC3 väliarvutitele mõeldud Trimble Access-i, mis soodustab omakorda töö tegemist, tagades suurepärase ühenduvuse ning kiirendades andmete kogumis- ja töötlemisprotsessi. Väliarvutit on võimalik kasutada kõigi Trimble uuemate optiliste seadmete (nt tahhümeetrid) ja GPS/GNSS seadmete juhtimiseks, aga ka osade teiste tootjate mõõtesüsteemide juhtimiseks. TSC3 kasutab raadiovõrgu kaudu internetiühenduse loomiseks sisse ehitatud 3,5G modemi. Tänu sellele tagatakse lisaks sidepidamise toimumisele ka AccessSync funktsiooni abil andmete sünkroonimine reaalajas (Geosoft OÜ 2019b).

Vastuvõtjana kasutati Trimble TSC3-ga ühenduvat seadet Trimble R8s-i (joonis 10). Väliarvuti TSC3, tarkvara Trimble Access 2017 ning Trimble R8s koos annavadki väga head võimalused välitööde kvaliteetseks ja kasutajale võimalikult mugavaks teostamiseks.

GNSS vastuvõtja Trimble R8s on väga paindlik, andes võimaluse valida erinevate seadistuste hulgast. Eesmärkide või soovide muutumisel saab seadet kohandada vajadustest lähtuvalt ning lisada suurema vaevata funktsionaalsuse tõstmiseks vajalikke laiendusi (Geosoft OÜ 2019a).



**Joonis 10.** Trimble R8s GNSS vastuvõtja (Geosoft OÜ 2019a).

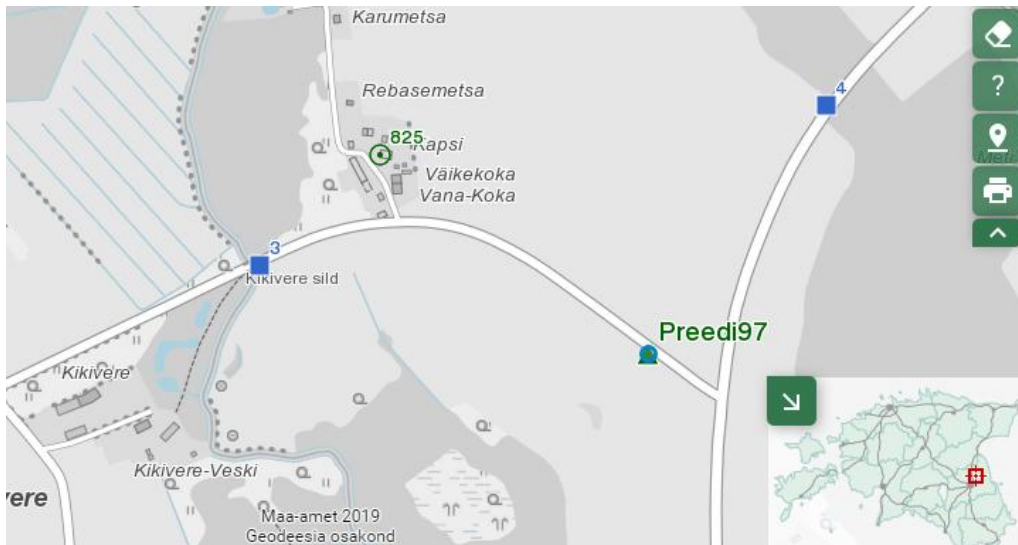
Trimble R8s vastuvõtja sisaldab kõiki konstellatsioone toetavat Trimble 360 tehnoloogiat. Lisaks on vastuvõtjal kaks integreeritud Maxwell 6 kiipi koos 440 kanaliga ning see on võimeline korraga jälgima erinevaid satelliitsüsteeme, sh ka GPS-i signaalidel L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5 ja GLONASS-i signaalidel L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3 (Geosoft OÜ 2019a).

## **2.4. Välimõõtmiste läbiviimine**

Mõõtmised viidi läbi 9. novembril 2018. a ajavahemikus 11.10-14.30. Nagu eelpool välja toodud, toimusid kõik töö autori välimõõtmised ühel kuupäeval. Järgnevad alapeatükid on järjestatud kellajaliselt punktil viibitud aja kohta alustades varasemast. Peatükkides antakse ülevaade mõõdetud punkti loodusliku paiknemise ja mõõtmistoimingute kohta, samuti on välja toodud mõõtmistingimused. Iga mõõdistatud punkti kohta on koostatud tabel, mis näitab geodeetiliste kõrguste erinevusi HadNet püsijaamade võrgus mõõdistatud väärtuste ja Maa-ameti kindelväärtuste vahel.

### 2.4.1. Testmõõtmised punktil Preedi97

Preedi97 geodeetiline punkt asub Tartu maakonnas Vara vallas Kauda külas Aovere-Kallaste-Omedu mnt ja Vedu-Kikivere mnt ristmikust 120 meetrit loodes, rohumaal. Punkt on tähistatud kaitseaia, tunnusposti ja kupitsaga (Maa-amet 2019). Asukoha skeem on välja toodud joonisel 11.



**Joonis 11.** Preedi97 asukohaskeem (Maa-amet 2019).

Mõõtmised koos ettevalmistustega viidi läbi vahemikus kell 11.10-11.40, seejuures oli tegemist esimese punktiga ja mõõtmisi tehti kolme asemel neli, mistõttu läks selles punktis ajaliselt kõige kauem. Punktile jõudes asetati sau koos vastuvõtjaga geodeetilise punkti tsentrile. Sau fikseeriti sauahoidjaga nii, et ümarvesiloodi mull jääks loodi keskele. Alustati mõõtmistega ning teostati neli erinevat seeriat, kusjuures enne igat uut mõõtmist lahendati uus algundmatute lahend. Tegemist oli avatud horisondiga alaga ning punkt asus vahetult tee ääres (joonis 12). Mõõtmiste ajaks jäeti auto punktist piisavalt kaugemale, et vältida võimalikke signaali mitmeteelisusest tekkivaid vigu.



**Joonis 12.** Mõõtmised Preedi97 punktil.

Alljärgnevast tabelist (tabel 2) on näha, et Preedi97 punktil mõõdetud geodeetiliste kõrguste erinevus võrreldes Maa-ameti kindelväärtustega on 40 mm. Kõige suurem erinevus oli esimesel mõõdistusel, kus kõrguse erinevus võrreldes tegelikkusega oli kuni 49 mm. Põhjuseks võis olla satelliitide kehvem asetus vastuvõtja suhtes võrreldes teiste mõõdistustega. Mõõdistuste ajal oli nähtavate satelliitide arv 17. Esineb selgelt süstemaatiline nihe.

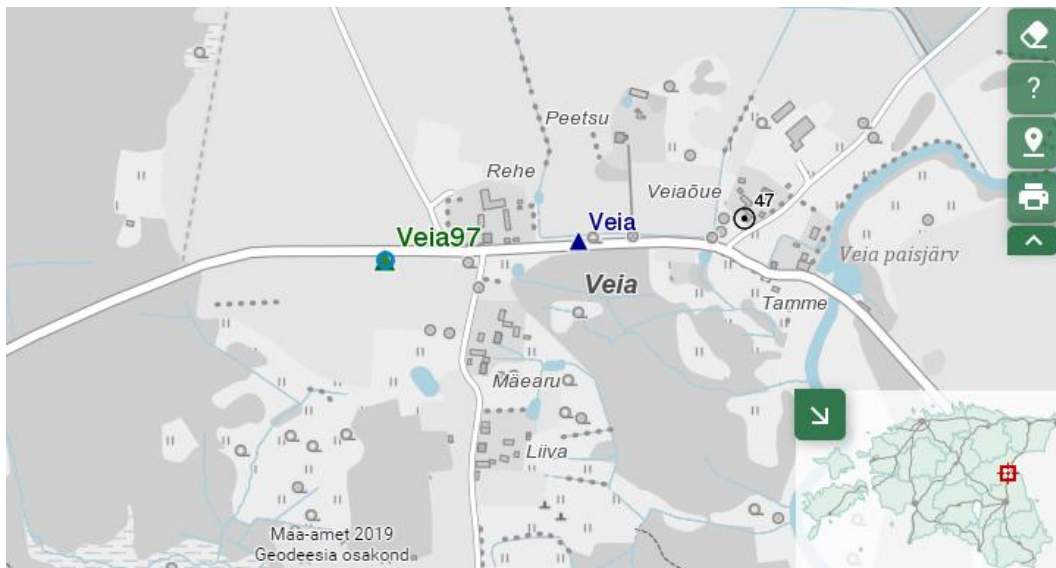
**Tabel 2.** Mõõtmised punktil Preedi97

Kood	h	Maa-ameti kindelväärtus (m)	Erinevus GPA-st (m)	kellaaeg	ht (m)	vt (m)	PDOP	Sat. arv
preedi1	68,842	68,891	0,049	11.10-11-40	0,017	0,026	1,8	17
preedi2	68,856	68,891	0,035	11.10-11-40	0,015	0,023	1,4	17
preedi3	68,852	68,891	0,039	11.10-11-40	0,017	0,026	1,4	17
preedi4	68,854	68,891	0,037	11.10-11-40	0,015	0,023	1,4	17
		<b>Keskmine</b>	0,040					

Märkus. h – mõõtmisel saadud kõrgus ellipsoidist; ht – horisontaalne täpsus; vt – vertikaalne täpsus.

#### 2.4.2. Testmõõtmised punktil Veia97

Järgmiseks geodeetiliseks punktiks, kus teostati mõõtmised, oli Veia97, mis asub Jõgeva maakonnas Saare vallas Veia külas. Täpsemalt Palamuse-Veia-Otsa mnt 14,7. km-l Veia bussipeatusest 500 m läänes, teest lõunas ning asub rohumaal. Punkt on kaitstud kollase aiaga ja tähistatud kupitsa ja tunnuspostiga (Maa-amet 2019). Asukoha paremaks tajumiseks on lisatud asukoha skeem joonisel 13.



**Joonis 13.** Veia97 asukohaskeem (Maa-amet 2019).

Ettevalmistus mõõtmisteks algas punktil kell 12.30 ja mõõdistustega oldi valmis kell 12.45. Mõõtmiste meetod oli sama nagu eelneval punktil, ehk siis sa asetati koos vastuvõtjaga vertikaalselt mõõdetava punkti tsentrile. Viidi läbi kolm erinevat mõõtmist erinevate intsiialiseerimistega. Taaskord asus punkt avatud horisondiga alal ning ümbritsevaga võrreldes üsna kõrgel, mistõttu signaalide levikul takistused puudusid (vt joonis 14).





**Joonis 14.** Mõõtmised Veia97 punktil.

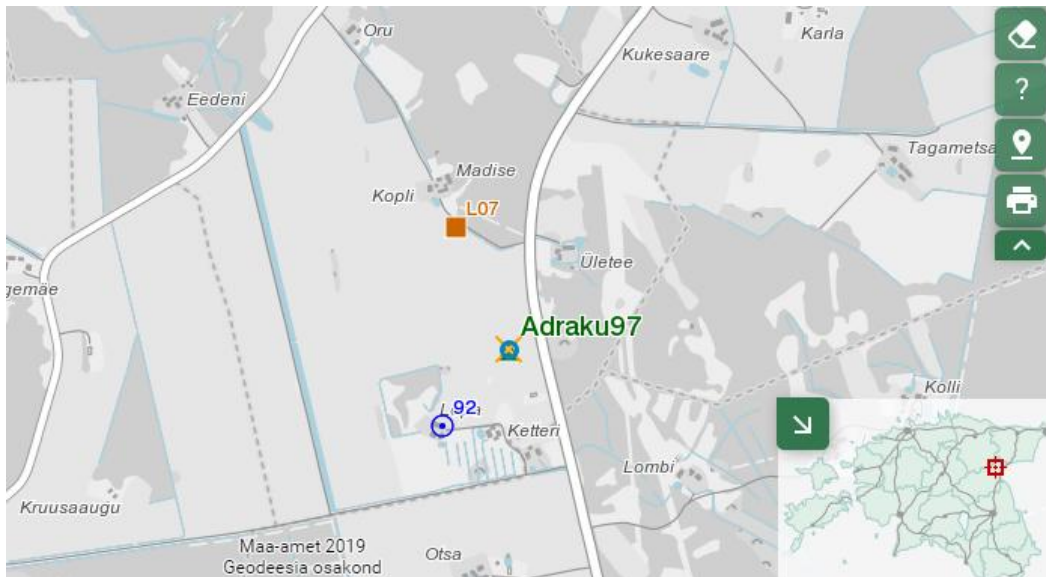
Tabelist 3 selgub, et Veia97 punktil mõõdetud väärtused erinevad reaalistest väärtustest keskmiselt 20 mm võrra. Kolmel mõõdistusel saadi üsna sarnased tulemused, kus kõrguste erinevused olid 17-25 mm. Satelliitide arv ja nende asetust iseloomustav näitaja oli kõigil kolmel mõõdistusel sama.

**Tabel 3.** Veia97 punkti andmed, kõrguslikud erinevusd ja mõõtmistingimused

Kood	h	Maa-ameti kindelväärtus (m)	Erinevus GPS-st (m)	kellaaeg	ht (m)	vt (m)	PDOP	Sat. arv
veia1	78,401	78,419	0,018	12.30-12.45	0,009	0,015	1,3	17
veia2	78,394	78,419	0,025	12.30-12.45	0,009	0,015	1,3	17
veia3	78,402	78,419	0,017	12.30-12.45	0,007	0,012	1,3	17
Keskmine			0,020					

### 2.4.3. Testmõõtmised punktil Adraku97

Kolmandaks valitud II klassi punktiks oli Adraku97, mis asub Ida-Virumaal Avinurme vallas Alekere külas Rakvere-Luige mnt 57,3. km-l. Punkt jääb tee suhtes lõunasse ja asub rohumaal. Tähistuseks on punkti kõrval tunnuspost (Maa-amet 2019). Täpsema asukoha kohta on lisatud asukohaskeem (joonis 15).



**Joonis 15.** Punkti Adraku97 asukohaskeem (Maa-amet 2019).

Mõõtmistoimingutega alustati kell 13.10 ning need võtsid aega 10 minutit. Tulemuste saamiseks olid töövõtted samad, vastuvõtjaga asetati kindelpunktile ja mõõdeti kõrgus HadNet püsijaamade võrgus kolmel erineval initsialiseerimisel. Tegemist oli keset põldu asetseva punktiga, kus signaali levikul nähtavaid takistusi polnud (joonis 16).



**Joonis 16.** Mõõtmised Adraku97 punktil.

Tabel 4 annab ülevaate Adraku97 punktil saadud mõõdistustulemustest ja kõrguste erinevustest HadNet võrgus saadud tulemuste ja Maa-ameti kindelväärtuste vahel. Koodina on antud mõõdistustes kasutatud küll „avinurme“ nime, kuid tegemist on siiski Adraku97 geodeetilise punktiga. Tulemustest selgub, et kõige suuremaks erinevuseks saadi 11 mm ja kõige väiksemaks kõigest 2 mm. Kolme mõõdistuse keskmiseks erinevuseks saadi 7 mm. Mõõtmiste ajal oli satelliitide arv 16.

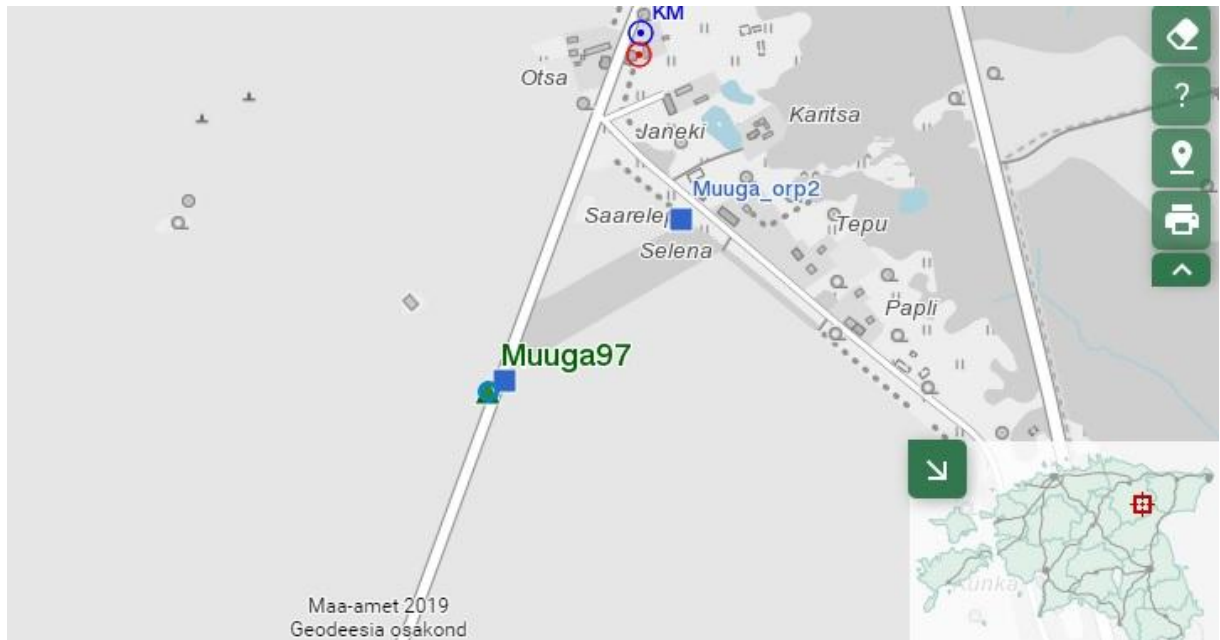
**Tabel 4.** Adraku97 punkti andmed, kõrguslikud erinevusd ja mõõtmistingimused

Kood	h	Maa-ameti kindelväärtus (m)	Erinevus GPA-st (m)	kellaaeg	ht (m)	vt (m)	PDO P	Sat. arv
avinurme1	80,837	80,835	0,002	13.10-13.20	0,006	0,012	1,3	16
avinurma2	80,826	80,835	0,009	13.10-13.20	0,007	0,012	1,3	16
avinurme3	80,824	80,835	0,011	13.10-13.20	0,006	0,012	1,3	16
		<b>Keskmine</b>	0,007					



#### 2.4.4. Testmõõtmised punktil Muuga97

Neljandaks valituks osutus punkt nimega Muuga97. II klassi kuuluv punkt asub Lääne-Viru maakonnas Laekvere vallas Muuga külas Laekvere-Muuga mnt 3,6. km-l (joonis 17). Kollase kaitseaiaga ümbritsetud punkt koos kupitsa ja tunnuspostiga asub teest loodes rohumaal (Maa-amet 2019).



**Joonis 17.** Muuga97 asukohaskeem (Maa-amet 2019).

Sarnaselt eelnevale punktile võttis selleski mõõtmistoimingud aega 10 minutit ja ka töövõtted olid samad. Mõõtmistega alustati kell 13.50. Võrdlemiseks vajaminevate andmete saamiseks teostati taaskord kolm erinevat mõõtmist ning igale mõõtmisele eelnes uus algtundmatute lahendi leidmine. Geodeetiline punkt asus avatud maastikul ja tingimused adekvaatsete tulemuste saamiseks olid loodud (joonis 18).



**Joonis 18.** Mõõtmised Muuga97 punktil.

Tabel 5 iseloomustab geodeetiliste kõrguste erinevusi, mis on mõõdetud Muuga97 punktil. Antud punktis on saadud märkimisväärselt head kõrguslikud tulemused. Kolme mõõtmise keskmine erinevus võrreldes tegelikuga on kõigest 2 mm ning ainult ühel mõõdistusel on erinevus olnud üle 2 mm. Headest tingimustest hoolimata oli kõigi kolme mõõtmise ajal nähtaval vaid 14 satelliiti.

**Tabel 5.** Muuga97 punkti andmed, kõrguslikud erinevusd ja mõõtmistingimused

Kood	h	Maa-ameti kindelväärtus (m)	erinevus (m)	kellaaeg	ht (m)	vt (m)	PDOP	Sat. arv
muuga1	114,104	114,106	0,002	13.50-14.00	0,008	0,013	1,4	14
muuga2	114,104	114,106	0,002	13.50-14.00	0,008	0,013	1,4	14
muuga3	114,109	114,106	0,003	13.50-14.00	0,011	0,017	1,4	14
		<b>Keskmine</b>	0,002					

#### 2.4.5. Testmõõtmised punktil Palasi97

Viimaseks valitud geodeetiliseks punktiks, kus kontrollmõõtmised läbi viidi oli Palasi97. Tegemist on põhivõrgu II klassi kuuluva punktiga, mis asub Lääne-Virumaal Vinni vallas Palasi külas. Täpsemalt Rakvere-Rannapungerja mnt 28,9. km-l ning asub teest lõunas rohumaal. Punkti tähistamiseks on kaitseaed, tunnuspost ja kupits (Maa-amet 2019). Täpsem asukohaskeem on välja toodud joonisel 19.



**Joonis 19.** Palasi97 asukohaskeem (Maa-amet 2019).

Mõõtmised algasid kell 14.20 ja lõppesid 14.30. Palasi97 punktil toimiti andmete saamiseks täpselt samal viisil mis eelmiste punktidel. Usaldusväärsete järelduste tegemiseks teostati kolm erineva initsialiseerimisega mõõtmist. Geodeetiline punkt asub üpris avatud horisondiga alal. Paarisaja meetri kaugusele jäävad küll üksikud puud ning veidi kaugemale veel üks metsatukk, kuid kuna satelliitide tõusunurgaks sai määratud 10 kraadi, siis need mõõtmisi ei sega (vt joonis 20).





**Joonis 20.** Mõõtmised Palasi97 punktil.

Viimasel kontrollitaval punktil läbi viidud mõõdistuste andmed on koondatud tabelisse 6. Tegemist on Palasi97 nime kandva geodeetilise punktiga, kus viidi taaskord läbi kolm eraldiseisvat mõõtmist. Mõõdetud suuruste erinevused varieerusid 15-28 mm-ni. Kolme mõõtmise keskmiseks erinevuseks võrreldes kindelväärtustega saadi 21 mm. Palasi97 punktil mõõtes olid kättesaadavad 15 satelliiti.

**Tabel 6.** Palasi97 punkti andmed, kõrguslikud erinevusd ja mõõtmistingimused

Kood	h	Maa-ameti kindelväärtus (m)	erinevus (m)	kellaaeg	ht (m)	vt (m)	PDOP	Sat. arv
palasi1	96,704	96,719	0,015	14.20-14.30	0,013	0,018	1,3	15
palasi2	96,700	96,719	0,019	14.20-14.30	0,013	0,018	1,3	15
palasi3	96,691	96,719	0,028	14.20-14.30	0,012	0,015	1,3	15
<b>Keskmine</b>			0,021					

### 3 . TULEMUSED JA ARUTELU

#### 3.1. 9. novembril autori poolt mõõdetud punktide täpsus

Punktide andmed on koondatud tabelisse 7. Tabelist selgub, et täpsuse näitajad erinevad üksteisest. Suurim juhuslik kõrguslik viga ulatub 4,9 cm-ni ning väikseim 0,2 cm-ni. Üldse on kõige suuremad vead punktil Preedi97. See punkt paikneb lähimast tugijaamast (Praaga) ligikaudu 24 km kaugusel, seega jäävad kõik modelleerimises osalevad tugijaamad kaugemale. Teistel punktidel jääb krv alla 2 cm, mis on kõrguse osas väga hea tulemus. Kõige väiksemad vead olid punktil Muuga97, kusjuures kolme erineva initialsiseerimisega ei erinenud tulemused omavahel üle 5 mm-i. Antud punkt jääb lähimast tugijaamast (Avinurme) umbes 18 km kaugusele. Kui vaadata punkte koos, tuleb krv 2,4 cm. Vigade hajumist iseloomustav standardhälve oli taaskord kõige suurem punktil Preedi97 ning kõige väiksem punktil Muuga97, vastavalt 0,62 ja 0,05 cm. Seega erinevused jaamas olid omavahel väga sarnased. Tabelist 7 hakkab veel silma, et erinevused on ühesuunalised, mis viitaks nagu süstemaatilisele nihkele.

**Tabel 7.** 09.11.2018 mõõdetud punktide kõrguslik täpsus

Punkt	Kood	Kõrgus (m)	Maa-amet (m)	Δ (m)	[Δ²]	krv (cm)	Std (cm)
Preedi97	preedi1	68,842	68,891	0,049	0,0065	4,0	0,62
	preedi2	68,856		0,035			
	preedi3	68,852		0,039			
	preedi4	68,854		0,037			
Veia97	veia1	78,401	78,419	0,018	0,0012	2,0	0,44
	veia2	78,394		0,025			
	veia3	78,402		0,017			
Adraku97	avinurme1	80,837	80,835	0,002	0,0002	0,8	0,47
	avinurma2	80,826		0,009			
	avinurme3	80,824		0,011			
Muuga97	muuga1	114,104	114,106	0,002	0,00002	0,2	0,05
	muuga2	114,104		0,002			
	muuga3	114,109		0,003			
Palasi97	palasi1	96,704	96,719	0,015	0,0014	2,1	0,67
	palasi2	96,700		0,019			
	palasi3	96,691		0,028			
					Kogu mõõdistuse krv	2,4	

### 3.2. Juhendaja ja kaasüliõpilaste poolt tehtud mõõtmised

Mõõtmiste läbiviimiseks kasutati sama metoodikat, mida kasutas antud töö autor. Erinevus seisnes põhiliselt selles, mis vastuvõtjat kasutati. Juhendaja ja kaasüliõpilaste poolt läbi viidud mõõdistustel kasutati Trimble R10 vastuvõtjat. Saadud tulemustest annab ülevaate Tabel 8. Nende mõõtmiste kohta on lähemalt kirjutatud ajakirjas Geodeet (Jürgenson 2018). Sellest tabelist selgub, et kõigi mõõtmiste krv on 2.4 cm, mis pole samuti halb tulemus. Ära peab märkima ka selle, et Jäneda punktil segas selgelt horisonti piirav võsa. Kui Jäneda punkt arvutusest eemaldada, tuleb krv u 2 cm. Ka siin tabelis hakkavad silma vaid positiivsed erinevused, mis viitab jälle süstemaatilisel veale. Suuremad juhuslikud vead on esinenud Luguse punktil, millel tehti ka kordusmõõtmised. Need aga enam suuremaid vigu ei näidanud (Jürgenson 2018). Siiski tuleb öelda, et kui isegi kõrguse täpsus on 2 cm, on Hadnet võrk väga hästi paigaldatud. Eraldi tasuks uurida just suurimate vigadega piirkonda. Sarnase suurusjärguga vead esinevad ka maa-ameti ja VRSNow võrgus (Orle ja Hiopi (2016) ja Rosenbergi (2018)). Kuna viimasel ajal on suurenenud BeiDou satelliitide kättesaadavus, tuleb uurimusi jätkata ja siiski mõelda ka HadNet teenusepakkujatel selle süsteemi toetamisele.

**Tabel 8.** Kaasüliõpilaste ja Harli Jürgensoni poolt mõõdetud punktide täpsus

Punkt	Erinevad mõõtmised	Kõrgus (m)	Maa-amet (m)	$\Delta$ (m)	$[\Delta^2]$	krv (cm)	std (cm)
Laadi97	1.	25,958	25,947	0,011	0,0013	1,6	0,56
	2.	25,957		0,010			
	3.	25,970		0,023			
	4.	25,960		0,013			
	5.	25,966		0,019			
Häädemeeste97	1.	22,775	22,753	0,022	0,0031	2,5	0,21
	2.	22,778		0,025			
	3.	22,780		0,027			
	4.	22,780		0,027			
	5.	22,777		0,024			
Are97	1.	40,710	40,700	0,010	0,0003	1,9	0,67
	2.	40,701		0,001			
	3.	40,714		0,014			
Sipa97	1.	51,136	51,137	0,001	0,00001	0,2	0,10
	2.	51,139		0,002			
	3.	51,140		0,003			

Risti97	1.	66,126	66,119	0,007	0,0002	0,7	0,06
	2.	66,126		0,007			
	3.	66,127		0,008			
Sutlepa97	1.	27,928	27,909	0,019	0,0012	1,7	0,13
	2.	27,926		0,017			
	3.	27,925		0,016			
	4.	27,926		0,017			
Dirhami97	1.	24,522	24,529	0,007	0,0003	0,6	0,38
	2.	24,526		0,003			
	3.	24,525		0,004			
	4.	24,517		0,012			
	5.	24,525		0,004			
	6.	24,527		0,002			
	7.	24,519		0,010			
	8.	24,527		0,002			
Jänedä97	1.	103,270	103,236	0,034	0,0012	4,8	0,79
	2.	103,285		0,049			
	3.	103,281		0,045			
	4.	103,294		0,058			
	5.	103,285		0,049			
	6.	103,288		0,052			
	7.	103,292		0,056			
	8.	103,293		0,057			
Orgmetsa97	1.	119,835	119,836	0,001	0,0002	0,7	0,49
	2.	119,835		0,001			
	3.	119,829		0,007			
	4.	119,825		0,011			
Edru97	1.	114,634	114,608	0,026	0,0027	2,6	0,24
	2.	114,637		0,029			
	3.	114,632		0,024			
	4.	114,632		0,024			
Pikkjärve97	1.	98,677	98,668	0,009	0,0002	0,8	0,38
	2.	98,671		0,003			
	3.	98,678		0,010			
Linnamäe97	1.	29,099	29,091	0,008	0,0011	1,5	0,54
	2.	29,101		0,010			
	3.	29,110		0,019			
	4.	29,111		0,020			
	5.	29,103		0,012			
Suuremõisa97	1.	33,076	33,074	0,002	0,0008	1,2	0,71
	2.	33,072		0,002			
	3.	33,081		0,007			
	4.	33,088		0,014			
	5.	33,090		0,016			
	6.	33,092		0,018			
Kärdla97	1.	29,581	29,567	0,014	0,0007	1,0	0,70
	2.	29,581		0,014			
	3.	29,584		0,017			
	4.	28,570		0,003			

Kärdla97	5.	28,573		0,006			
	6.	28,568		0,001			
	7.	28,567		0,000			
Luguse97	1.	23,587	23,604	0,017	0,0129	3,4	2,2
	2.	23,593		0,011			
	3.	23,585		0,019			
	4.	23,589		0,015			
	5.	23,579		0,025			
	6.	23,579		0,025			
	7.	23,545		0,059			
	8.	23,544		0,060			
	9.	23,545		0,059			
	10.	23,596		0,008			
	11.	23,601		0,003			
					Kogu mõõdistuse krv	2,4	



## KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöö eesmärk oli välja selgitada, kui efektiivne ja täpne on HadNet võrgu kaudu tehtavad RTK mõõtmised ning tähelepanu pöörati just kõrguslikule täpsusele. Võrdluseks kasutatud andmed on võetud eelnevatest uurimustest. Eesmärgi saavutamiseks viidi töö autori, kaastudengite ja dotsent Harli Jürgensoni poolt läbi testmõõtmised 20 erineval I ja II klassi geodeetilistel punktidel. Mõõtmised viidi läbi 2018. aastal ja üksteisest eraldi ning antud töös analüüsiti lähemalt töö autori poolt mõõdistatud punktide tulemusi. Töös põhjalikumalt käsitletavat punktid asusid Ida-Eestis ning nendeks olid Preedi97, Veia97, Adraku97, Muuga97 ja Palasi97. Mõõtmisteks kasutati Eesti Maaülikoolile kuuluvaid väliarvutit Trimble TSC3 ja GNSS vastuvõtjat Trimble R8s. Neljal punktil viidi läbi kolm ja ühel punktil neli mõõtmist ning igale mõõtmisele eelnes uus algatundmatute lahendamine.

Välitööl saadud kõrguste põhjal arvutati välja iga mõõtmise juhuslik viga ning iga punkti keskmine hälve võrreldes Maa-ameti kindelväärtustega. Lisaks leiti iga punkti kohta keskmine ruutviga ja standarthälve. Viie punkti põhjal, mis autor läbi viis, tuli kõrguse täpsuseks kr-v-na 2,4 cm. Enim alandas täpsust üks punkt, Preedi97, milles ulatus juhuslik viga 4,9 cm-ni. Isegi vaatamata kordusinitsialiseerimisele jäid selle punkti erinevused suureks. Kui vaadata H. Jürgensoni ja kaasüliõpilaste tehtud mõõtmisi, oli kr-v samuti 2,4 cm ning seda u 15 punkti põhjal. Kui seal jätta eemale probleemne punkt Jäneda97, paraneb kr-v peaaegu 2 cm-le. Siiski jääb suurusjärk samaks. Teisest küljest pole kõrguslik viga 2 cm RTK GNSS mõõtmise kohta palju, kuna kõrgus on kõige tundlikum komponent. Kuna satelliidid aina uuenevad ning neid tuleb aina juurde, on RTK meetod kõrguse määramiseks väga arvestatav ka paljudel geodeetilistel töödel. Potentsiaali lisab tõsiasi, et Eesti geoidi mudel Est-Geoid2017 on samuti väga täpne, kr-v vaid 0,5 cm.

Samuti on võrreldud saadud keskmisi ruutvigu teise teenusepakkuja Trimble VRS Now ruutvigadega. Jane Hiopi ja Laura Orle 2016. aastal kaitstud lõputöös teemal „Eesti erinevate RTK GNSS võrkude efektiivsuse hindamine“ käsitletakse ühe osana erinevate võrkude täpsust, k-a kõrguslikku täpsust. Antud töös teostati mõõdistused ühel kindelpunktil nimega Vorbuse97. Mõõtmiste käigus prooviti läbi kõik võimalikud andmeedastusformaadid ja ühenduspunkti võimalused. Saadud tulemuste põhjal koostatud

analüüsist selgus, et Trimble VRS Now võrgus mõõtes saadi kõrguste täpsuste keskmisteks ruutvigadeks kuni 1,1 cm. Kui aga vaadelda teiste võrkude kohta käivaid uurimusi, kus mõõdeti laiemal alal, näiteks Rosenbergi (2018), näeme väga sarnase krv väärtusega tulemusi, kui saadud selles töös. Tõenäoliselt paremaks kui krv 1,5 cm kõrguse komponenti lähemas tulevikus ei saa.

Oluline on lisada, et HadNet võrgus virtuaalse tugipunkti loomise kiirus on sama mis teistes võrkudes, seega ka initsialiseerimine on sama kiire. Kasutajatel on vahel raske mõista, et initsialiseerimise kiirus sõltub nende GNSS seadmest, mitte teenusepakkujast. St, et kui edastatakse samu signaale, võib erineda küll eri teenusepakkujate täpsus, aga mitte initsialiseerimise efektiivsus.

Käesolev uuring näitas, et Hadnet võrk, mis töötab Topcon firma tugitarkvaral Topgeo+ on Eesti tingimustes väga efektiivne ja samuti täpne, kõrguste osas saab arvestada täpsusega 2 cm krv-na. Võrgu haldajatele saab soovitada siiski Galileo ja Beidou toe lisamist, kuna see võib tänaseks lisada 15 uut samaaegselt näha olevat satelliiti. See muudaks nende võrgu veelgi võimekamaks. Siiski tasub lisada, et praegune valik GPS ja GLONASS süsteemi osas omas siiani ka täpsuse kaalutlusi. Glonass satelliitide vanus on väike, GPS satelliite on peetud siiani samuti täpseteks. Aga rasketes oludes efektiivsuse kohalt annaks Beidou ja Galileo lisamine siiski kasu.

Lähtudes 2 cm täpsusest ja lisades sellele 0,5 cm viga geoidi mudelist saame summaarse kõrgusliku täpsuse RTK meetodil HadNet RTN võrku kasutades 2,5-3 cm.

# KASUTATUD KIRJANDUS

- Denys, P., Liggett, A., Odolinski, R., Pearson, C., Stewart, D., Winefield, R.** (2017). NetworkRTK – New Zealand: A summary of the concepts, methods, limitations and services in New Zealand. NZIS positioning and measurement. [on-line] [https://www.surveyspatialnz.org/Attachment?Action=Download&Attachment\\_id=3121&fbclid=IwAR34mAmjdAiBPNhxc7KNNL3F5\\_i3YJTYc9XmyZfnNrLrSSY4dX7Eny\\_sQy4](https://www.surveyspatialnz.org/Attachment?Action=Download&Attachment_id=3121&fbclid=IwAR34mAmjdAiBPNhxc7KNNL3F5_i3YJTYc9XmyZfnNrLrSSY4dX7Eny_sQy4) (21.05.2019)
- Eesti keskkonnainfo muutub täpsemaks. (2016). GNSS-RTK püsijaamade võrgu rajamine (keskkonnaseire otstarbel). [veebileht] Keskkonnaministeerium. [https://www.envir.ee/sites/default/files/e-raamat\\_est.pdf](https://www.envir.ee/sites/default/files/e-raamat_est.pdf) (19.05.2019)
- Eriksson, M.** (2017). Status on GNSS Applications in the Nordic Countries. [veebileht] <https://www.gps.gov/cgsic/meetings/2017/eriksson.pdf> (19.05.2019)
- European GNSS Agency. (2019). European GNSS: What is GNSS? [veebileht] <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss> (19.05.2019)
- European GNSS Service Centre. (2019a). System Status: Constellation Information. [veebileht] <https://www.gsc-europa.eu/system-status/Constellation-Information> (19.05.2019)
- European GNSS Service Centre. (2019b). System Status: Orbital and Technical Parameters: Satellite launch Information. [veebileht] <https://www.gsc-europa.eu/system-status/orbital-and-technical-parameters/satellite-launch-information> (19.05.2019)
- Federal Aviation Administration. (2016). GNSS Frequently Asked Questions - GPS. [veebileht] [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/service\\_units/techops/navservices/gnss/faq/gps/](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/faq/gps/) (14.05.2019)
- Gakstatter, E.** (2009). RTK Networks - What? Why? Where? [veebileht] <https://www.gps.gov/cgsic/meetings/2009/gakstatter1.pdf> (19.05.2019)
- Geo-matching. (s.a). GNSS Processing and Correction Services: TopNet live. [veebileht] [https://geo-matching.com/category/gnss-processing-and-correction-services/topnet-live?fbclid=IwAR3\\_dSDsdr9SmiNMM64o3YeEWDkbnvy\\_ILsv-zCgiMIUHRWZUuoNwj0uSrw](https://geo-matching.com/category/gnss-processing-and-correction-services/topnet-live?fbclid=IwAR3_dSDsdr9SmiNMM64o3YeEWDkbnvy_ILsv-zCgiMIUHRWZUuoNwj0uSrw) (21.05.2019)
- Geoportaal. (2018). Andmed ja kaardid: Geodeetilised andmed: Geodeetilised võrgud: GNSS püsijaamad. [veebileht] Maa-amet. <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Geodeetilised-andmed/Geodeetilised-vorgud/GNSS-pusijaamad-p571.html> (19.05.2019)
- Geosoft OÜ. (s.a). Tooted: Trimble R8s GNSS. [veebileht] <https://www.geosoft.ee/tooted/trimble-r8s-gnss> (24.05.2019a)

- Geosoft OÜ. (s.a). Tooted: Trimble TSC3. [veebileht] <https://geosoft.ee/tooted/trimble-tsc3> (24.05.2019b)
- Geosoft OÜ. (s.a). VRS Now: Tehniline info. [veebileht] <https://www.geosoft.ee/node/219> (19.05.2019c)
- Geosoft OÜ. (s.a). VRS Now: Tutvustus. [veebileht] <https://www.geosoft.ee/tutvustus> (19.05.2019d)
- GIS Resources. (2019). GNSS: Virtual Reference Station. [veebileht] <http://www.gisresources.com/virtual-reference-station/> (21.05.2019)
- GPS: The Global Positioning System. (2017). Systems: Other GNSS. [veebileht] <https://www.gps.gov/systems/gnss/> (19.05.2019)
- GPS: The Global Positioning System. (2019). Systems: Space Segment. [veebileht] <https://www.gps.gov/systems/gps/space/> (12.05.2019)
- Information analytical centre of GLONASS and GPS controlling. (s.a). BeiDou: BeiDou Status. [veebileht] <https://www.glonass-iac.ru/en/BEIDOU/> (12.05.2019a)
- Information analytical centre of GLONASS and GPS controlling. (s.a). GLONASS: GLONASS Status. [veebileht] <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/> (12.05.2019b)
- Information analytical centre of GLONASS and GPS controlling. (s.a). GPS: GPS Status. [veebileht] <https://www.glonass-iac.ru/en/GPS/> (12.05.2019c)
- Jones, B. A., Kelly, K. M.** (2007). Real time GPS Networks (RTN) and their Implications with Geographic Information Systems (GIS). - *Strategic Integration of Surveying Services*. FIG Working Week 2007. [on-line] [https://www.fig.net/resources/proceedings/fig\\_proceedings/fig2007/papers/ts\\_5a/ts05a\\_03\\_jones\\_kelly\\_1314%20.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2007/papers/ts_5a/ts05a_03_jones_kelly_1314%20.pdf) (19.05.2019)
- Jungbeom, K., Junesol, S. Deokhwa, H., Donguk, K., Byungwoon, P., Changdon, K.** (2017). Accuracy Improvement of DGPS for Low-Cost SIngle-Frequency Receiver Using Modified Flächen Korrektur Parameter Correction. - *International Journal of Geo-Information*. Vol 6, 222, pp. 1.
- Jürgenson, Harli.** Bakalaureusetöö. Jorma Uusmaa. Üleskirjutis. 09.05.2019
- Jürgenson, H.** (2018). Hadnet võrgu olemus ja täpsus. Geodeet, 48.
- Keller, Tõnu.** Hades. Jorma Uusmaa. E-kiri. Tartu. 16.05.2019.
- Kirs, E.** (2017). Eesti RTK GNSS võrkude täpsuse hindamine. Bakalaureusetöö. Tartu: Eesti Maaülikool.
- Koivula, H.** (2018). National Report of Finland. [veebileht] Finnish Geospatial Research Institute (FGI), NLS. [https://eurogeographics.org/wp-content/uploads/2018/04/11\\_National\\_report\\_Finland.pdf](https://eurogeographics.org/wp-content/uploads/2018/04/11_National_report_Finland.pdf) (19.05.2019)

- LH-Agro – Precision Agriculture. (s.a). GSM Reference Networks. [veebileht] [http://www.lh-agro.co.uk/rtk.asp?fbclid=IwAR3IkoMQv-Qq3GCoinHfpW-qo7Yq46ofaY77\\_0juGVHyVwl6Qquya2rSDqs](http://www.lh-agro.co.uk/rtk.asp?fbclid=IwAR3IkoMQv-Qq3GCoinHfpW-qo7Yq46ofaY77_0juGVHyVwl6Qquya2rSDqs) (21.05.2019)
- Maa-amet. (s.a). Geodeetiliste punktide andmekogu. [veebileht] [http://www.maaamet.ee/rr/geo/?refnr\\_id=21517](http://www.maaamet.ee/rr/geo/?refnr_id=21517) (21.05.2019)
- Metsar, J., Kollo, K., Ellmann, A.** (2018). Modernization of the Estonian National GNSS Reference Station Network. - *Geodesy and Cartography*. Vol 44, pp. 55-62. [e-ajakiri] <https://journals.vgtu.lt/index.php/GAC/article/view/2023/2824>
- Orle, L., Hiop, J.** (2016). Eesti erinevate RTK GNSS võrkude efektiivsuse hindamine. Bakalaureusetöö. Tartu: Eesti Maaülikooli Metsandus- ja Maaehitusinstituut.
- Petovello, M.** (2011). GNSS Solutions: Virtual Reference Stations. Inside GNSS, July/August 2011. [e-ajakiri] <http://www.insidegnss.com/auto/julyaug11-solutions.pdf> (19.05.2019)
- Randjärv, J.** (2006). Geodeesia I osa: Topograafia. Tartu. 339 lk.
- Rosenberg, B.** (2018). Võrgu RTK (VRS) kõrguslik täpsus Lõuna-Eestis. Bakalaureusetöö. Tartu: Eesti Maaülikool.
- Rüdja, A., Sander, J.** (2013). Globaalne asukoha määramine: satelliitmõõtmise näidisülesanded. Tallinn: SA Innove. 287 lk. [on-line] <https://www.digar.ee/arhiiv/nlib-digar:187790> (19.05.2019)
- TerrisGPS: Premier OEM GNSS GPS Distributor in North America. (2019). GNSS/GPS differences explained. [veebileht] <http://www.terrisgps.com/gnss-gps-differences-explained/> (19.05.2019)
- Test and Assessment Research Center of China Satellite Navigation Office. (s.a). BDS System Status: System Introduction. [veebileht] <http://www.csno-tarc.cn/system/introduction&ce=english> (14.05.2019)
- Trimble VRS Now. (2019). Home: Sensor Map. [veebileht] <https://www.vrsnow.ee/Map/SensorMap.aspx> (19.05.2019)
- Valdmaa, R.** (2010). Trimble VRS Now Eesti. [veebileht] [http://www.alphagis.ee/data/img/esri10/ESRIpaevad10\\_Valdmaa.pdf](http://www.alphagis.ee/data/img/esri10/ESRIpaevad10_Valdmaa.pdf) (19.05.2019)

**LISAD**

## Lisa 1. Detailne mõõtmisaruanne 9. novembri mõõtmistest

<b>Töö nimi</b>	Jorma
<b>Loomise kuupäev</b>	9 Nov 2018
<b>Versioon</b>	Trimble General Survey 3.21
<b>Kauguse ühikud</b>	Meetrid
<b>Nurga ühikud</b>	Kraadid
<b>Õhurõhu ühikud</b>	mmHg
<b>Temperatuuri ühikud</b>	Celsius

### Koordinaatide süsteem (Töö)

<b>Süsteem</b>	Estonia/EST97
<b>Tsoon</b>	Estonia
<b>Datum</b>	EST97

### Projektsioon

<b>Projektsioon</b>	Lamberti Konformne Kooniline 2 Paralleeliga
<b>Laiuskraadi alguspunkt</b>	57°31'03.19415"X
<b>Pikkuskraadi alguspunkt</b>	24°00'00.00000"Y
<b>X alguspunkt</b>	6375000.000
<b>Y alguspunkt</b>	500000.000
<b>1 paralleel</b>	59°20'00.00000"X
<b>2 paralleel</b>	58°00'00.00000"X
<b>Lõuna dir nurk (võrk)</b>	Ei
<b>Koordinaadi koordinaadid</b>	Suurenda Põhja-Ida
<b>Ellipsoid</b>	Pikem pooltelg: 6378137.000 Lapikus: 298.25722210

### Kohalik koht

<b>Tüüp</b>	Koordinaadistik
-------------	-----------------

### Datumi transformatsioon

<b>Tüüp</b>	Kolme parameetiline
<b>Pikem pooltelg</b>	6378137.000
<b>Lapikus</b>	298.257223
<b>X ülekanne</b>	0.000
<b>Y ülekanne</b>	0.000
<b>Z ülekanne</b>	0.000

### Kogub väliandmeid

--

### Korrektsoonid

<b>Lõuna dir nurk (võrk)</b>	Ei
<b>Koordinaadi koordinaadid</b>	Suurenda Põhja-Ida



<b>Magnetiline deklinatsioon</b>	0°00'00"
<b>Kaugused</b>	Maapind
<b>Ümbruse tasandus</b>	Väljas

Projektsioon	
<b>Projektsioon</b>	Ainult mõõtkavategur
<b>Mõõtkava</b>	1.00000000

Kohalik koht	
<b>Tüüp</b>	Koordinaadistik

Daatumi transformatsioon	
<b>Tüüp</b>	Ühtegi

Korrektsoonid	
<b>Lõuna dir nurk (võrk)</b>	Ei
<b>Koordinaadi koordinaadid</b>	Suurenda Põhja-Ida
<b>Magnetiline deklinatsioon</b>	0°00'00"
<b>Kaugused</b>	Maapind
<b>Ümbruse tasandus</b>	Väljas

Projektsioon	
<b>Projektsioon</b>	Lamberti Konformne Kooniline 2 Paralleeliga
<b>Laiuskraadi alguspunkt</b>	57°31'03.19415"X
<b>Pikkuskraadi alguspunkt</b>	24°00'00.00000"Y
<b>X alguspunkt</b>	6375000.000
<b>Y alguspunkt</b>	500000.000
<b>1 paralleel</b>	59°20'00.00000"X
<b>2 paralleel</b>	58°00'00.00000"X
<b>Ellipsoid</b>	Pikem pooltelg: 6378137.000 Lapikus: 298.25722210

Kohalik koht	
<b>Tüüp</b>	Koordinaadistik

Daatumi transformatsioon	
<b>Tüüp</b>	Kolme parameetiline
<b>Pikem pooltelg</b>	6378137.000
<b>Lapikus</b>	298.257223
<b>X ülekanne</b>	0.000
<b>Y ülekanne</b>	0.000
<b>Z ülekanne</b>	0.000

Vertikaalne tasandus	
<b>Geoidi fail</b>	EESTI

Koordinaatide süsteem	
<b>Süsteem</b>	Estonia/EST97
<b>Tsoon</b>	Estonia
<b>Datum</b>	EST97

Korrektsoonid	
<b>Lõuna dir nurk (võrk)</b>	Ei
<b>Koordinaadi koordinaadid</b>	Suurenda Põhja-Ida
<b>Magnetiline deklinatsioon</b>	0°00'00"
<b>Kaugused</b>	Koordinaadistik
<b>Ümbruse tasandus</b>	Väljas

<b>Märkus</b>	Converted from GS v3.00 to GS v3.10
---------------	-------------------------------------

<b>Märkus</b>	Converted from GS v3.10 to GS v3.20
---------------	-------------------------------------

Projektsioon	
<b>Projektsioon</b>	Lamberti Konformne Kooniline 2 Paralleeliga
<b>Laiuskraadi alguspunkt</b>	57°31'03.19415"X
<b>Pikkuskraadi alguspunkt</b>	24°00'00.00000"Y
<b>X alguspunkt</b>	6375000.000
<b>Y alguspunkt</b>	500000.000
<b>1 paralleel</b>	59°20'00.00000"X
<b>2 paralleel</b>	58°00'00.00000"X
<b>Ellipsoid</b>	Pikem pooltelg: 6378137.000 Lapikus: 298.25722210

Kohalik koht	
<b>Tüüp</b>	Koordinaadistik

Koordinaatide süsteem	
<b>Süsteem</b>	Estonia/EST97
<b>Tsoon</b>	Estonia
<b>Datum</b>	EST97

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Mõõtmise sündmus
------------------

<b>Mõõtmise sündmus</b>	Liikuv on starditud
-------------------------	---------------------

<b>Märkus</b>	VRS baas: 58°23'11.26493", 26°41'36.16150", 70.770m
---------------	---

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	463463	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	1

Mõõtmise sündmus									
<b>Mõõtmise sündmus</b>	Lõpeta mõõtmine								

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Mõõtmise sündmus									
<b>Mõõtmise sündmus</b>	Liikuv on starditud								

<b>Märkus</b>	VRS baas: 58°29'14.40309", 26°51'27.84318", 70.232m
---------------	---

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	465486	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	1

GNSS vastuvõtja	
<b>Vastuvõtja tüüp</b>	R8s
<b>Seerianumber</b>	5744R00427
<b>Tarkvara versioon</b>	5.34
<b>Antenni tüüp</b>	R8s Internal
<b>Mõõtmismeetod</b>	Paigaldatud antenni alla
<b>Seotud tasandus</b>	0.000
<b>Horisontaalne nihe</b>	0.000
<b>Vertikaalnihe</b>	0.065

Mõõtmise sündmus									
<b>Mõõtmise sündmus</b>	Lõpeta mõõtmine								

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Mõõtmise sündmus	
<b>Mõõtmise sündmus</b>	Liikuv on starditud

<b>Märkus</b>	VRS baas: 58°29'14.42723", 26°51'27.83035", 68.859m
---------------	---

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	465726	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	2

GNSS vastuvõtja	
<b>Vastuvõtja tüüp</b>	R8s
<b>Seerianumber</b>	5744R00427
<b>Tarkvara versioon</b>	5.34
<b>Antenni tüüp</b>	R8s Internal
<b>Mõõtmismeetod</b>	Paigaldatud antenni alla
<b>Seotud tasandus</b>	0.000
<b>Horisontaalne nihe</b>	0.000
<b>Vertikaalnihe</b>	0.065

Mõõtmise sündmus	
<b>Mõõtmise sündmus</b>	Lõpeta mõõtmine

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Mõõtmise sündmus	
<b>Mõõtmise sündmus</b>	Liikuv on starditud

<b>Märkus</b>	VRS baas: 58°29'14.35554", 26°51'27.81968", 69.387m
---------------	---

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	465901	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	3

GNSS vastuvõtja	
<b>Vastuvõtja tüüp</b>	R8s
<b>Seerianumber</b>	5744R00427
<b>Tarkvara versioon</b>	5.34
<b>Antenni tüüp</b>	R8s Internal
<b>Mõõtmismeetod</b>	Paigaldatud antenni alla
<b>Seotud tasandus</b>	0.000

<b>Horisontaalne nihe</b>	0.000
<b>Vertikaalnihe</b>	0.065

Mõõtmise sündmus	
<b>Mõõtmise sündmus</b>	Lõpeta mõõtmine

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Mõõtmise sündmus	
<b>Mõõtmise sündmus</b>	Liikuv on starditud

<b>Märkus</b>	VRS baas: 58°29'14.40663", 26°51'27.83775", 67.655m
---------------	---

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	466356	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	3

GNSS vastuvõtja	
<b>Vastuvõtja tüüp</b>	R8s
<b>Seerianumber</b>	5744R00427
<b>Tarkvara versioon</b>	5.34
<b>Antenni tüüp</b>	R8s Internal
<b>Mõõtmismeetod</b>	Paigaldatud antenni alla
<b>Seotud tasandus</b>	0.000
<b>Horisontaalne nihe</b>	0.000
<b>Vertikaalnihe</b>	0.065

<b>Punkt</b>	1000	<b>X</b>	2981580.919	<b>Y</b>	1509333.198	<b>Z</b>	5414429.924	<b>Kood</b>	preedi1
		<b>Meetod</b>	Täpne	<b>Tüüp</b>	Topopunkt	<b>Otsingu klass</b>	Normaal		
<b>Antenni kõrgus</b>	2.000	<b>Tüüp</b>	Parandamata	<b>Hz täps</b>	0.017	<b>V täpsus</b>	0.026		
<b>QC 1</b>		<b>Satelliidid</b>	17	<b>PDOP</b>	1.8	<b>HDOP</b>	0.9	<b>VDOP</b>	1.5
		<b>Baasi andmete aeg</b>	1	<b>RMS</b>	40.957	<b>Kasutatud asukohad</b>	4		
<b>QC 2</b>		<b>VCV (m²) xx</b>	0.000166	<b>VCV (m²) xy</b>	0.000051	<b>VCV (m²) xz</b>	0.000232		
				<b>VCV (m²) yy</b>	0.000060	<b>VCV (m²) yz</b>	0.000074		
						<b>VCV (m²) zz</b>	0.000716		

Initsialiseerimise sündmus: Kasutaja tühistati
--

<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	466379	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	3
----------------------	------	-----------------	--------	------------------------------------	------------	--------------------------	-----------	--	---

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud

<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	466385	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	4
----------------------	------	-----------------	--------	------------------------------------	------------	--------------------------	-----------	--	---

<b>Punkt</b>	1001	<b>X</b>	2981580.925	<b>Y</b>	1509333.205	<b>Z</b>	5414429.934	<b>Kood</b>	preedi2
		<b>Meetod</b>	Täpne	<b>Tüüp</b>	Topopunkt	<b>Otsingu klass</b>	Normaal		
<b>Antenni kõrgus</b>	2.000	<b>Tüüp</b>	Parandamata	<b>Hz täps</b>	0.015	<b>V täpsus</b>	0.023		
<b>QC 1</b>		<b>Satelliidid</b>	17	<b>PDOP</b>	1.4	<b>HDOP</b>	0.8	<b>VDOP</b>	1.1
		<b>Baasi andmete aeg</b>	1	<b>RMS</b>	43.180	<b>Kasutatud asukohad</b>	4		
<b>QC 2</b>		<b>VCV xx (m²)</b>	0.000120	<b>VCV xy (m²)</b>	0.000038	<b>VCV xz (m²)</b>	0.000149		
				<b>VCV yy (m²)</b>	0.000056	<b>VCV yz (m²)</b>	0.000050		
						<b>VCV zz (m²)</b>	0.000554		

Initsialiseerimise sündmus: Kasutaja tühistati

<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	466441	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	4
----------------------	------	-----------------	--------	------------------------------------	------------	--------------------------	-----------	--	---

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud

<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	466446	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	5
----------------------	------	-----------------	--------	------------------------------------	------------	--------------------------	-----------	--	---

<b>Punkt</b>	1002	<b>X</b>	2981580.915	<b>Y</b>	1509333.208	<b>Z</b>	5414429.935	<b>Kood</b>	preedi3
		<b>Meetod</b>	Täpne	<b>Tüüp</b>	Topopunkt	<b>Otsingu klass</b>	Normaal		
<b>Antenni kõrgus</b>	2.000	<b>Tüüp</b>	Parandamata	<b>Hz täps</b>	0.017	<b>V täpsus</b>	0.026		
<b>QC 1</b>		<b>Satelliidid</b>	17	<b>PDOP</b>	1.4	<b>HDOP</b>	0.8	<b>VDOP</b>	1.2
		<b>Baasi andmete aeg</b>	1	<b>RMS</b>	39.252	<b>Kasutatud asukohad</b>	4		
<b>QC 2</b>		<b>VCV xx (m²)</b>	0.000164	<b>VCV xy (m²)</b>	0.000054	<b>VCV xz (m²)</b>	0.000225		
				<b>VCV yy (m²)</b>	0.000064	<b>VCV yz (m²)</b>	0.000082		
						<b>VCV zz (m²)</b>	0.000709		

Initsialiseerimise sündmus: Kasutaja tühistati

<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	466462	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	5
----------------------	------	-----------------	--------	------------------------------------	------------	--------------------------	-----------	--	---

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud

<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	466466	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	6
----------------------	------	-----------------	--------	------------------------------------	------------	--------------------------	-----------	--	---

<b>Punkt</b>	1003	<b>X</b>	2981580.919	<b>Y</b>	1509333.209	<b>Z</b>	5414429.934	<b>Kood</b>	preedi4
		<b>Meetod</b>	Täpne	<b>Tüüp</b>	Topopunkt	<b>Otsingu klass</b>	Normaal		
<b>Antenni kõrgus</b>	2.000	<b>Tüüp</b>	Parandamata	<b>Hz täps</b>	0.015	<b>V täpsus</b>	0.023		
<b>QC 1</b>		<b>Satelliidid</b>	17	<b>PDOP</b>	1.4	<b>HDOP</b>	0.8	<b>VDOP</b>	1.2
		<b>Baasi andmete aeg</b>	1	<b>RMS</b>	29.977	<b>Kasutatud asukohad</b>	4		
<b>QC 2</b>		<b>VCV (m²) xx</b>	0.000142	<b>VCV (m²) xy</b>	0.000047	<b>VCV (m²) xz</b>	0.000188		
				<b>VCV (m²) yy</b>	0.000061	<b>VCV (m²) yz</b>	0.000069		
						<b>VCV (m²) zz</b>	0.000635		

Mõõtmise sündmus	
<b>Mõõtmise sündmus</b>	Lõpeta mõõtmine

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Mõõtmise sündmus	
<b>Mõõtmise sündmus</b>	Liikuv on starditud

<b>Märkus</b>	VRS baas: 58°44'17.17696", 26°47'20.13571", 76.780m
---------------	---

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	470159	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	1

GNSS vastuvõtja	
<b>Vastuvõtja tüüp</b>	R8s
<b>Seerianumber</b>	5744R00427
<b>Tarkvara versioon</b>	5.34
<b>Antenni tüüp</b>	R8s Internal
<b>Mõõtmismeetod</b>	Paigaldatud antenni alla
<b>Seotud tasandus</b>	0.000
<b>Horisontaalne nihe</b>	0.000
<b>Vertikaalnihe</b>	0.065

<b>Punkt</b>	2000	<b>X</b>	2962401.209	<b>Y</b>	1495593.115	<b>Z</b>	5428666.967	<b>Kood</b>	veial
		<b>Meetod</b>	Täpne	<b>Tüüp</b>	Topopunkt	<b>Otsingu klass</b>	Normaal		
<b>Antenni</b>	2.000	<b>Tüüp</b>	Parandamata	<b>Hz täps</b>	0.009	<b>V täpsus</b>	0.015		



kõrgus									
QC 1		Satelliidid	17	PDOP	1.3	HDOP	0.6	VDOP	1.1
		Baasi andmete aeg	1	RMS	26.110	Kasutatud asukohad	4		
QC 2		VCV xx (m²)	0.000073	VCV xy (m²)	0.000026	VCV xz (m²)	0.000060		
				VCV yy (m²)	0.000062	VCV yz (m²)	0.000042		
						VCV zz (m²)	0.000183		

Initsialiseerimise sündmus: Kasutaja tühistati									
GPS nädal	2026	Sekundid	470201	Initsialiseerimise tüüp	On the fly	Mõõtmise tüüp	Reaalajas	Initsialiseerimise loendamine	1

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
GPS nädal	2026	Sekundid	470204	Initsialiseerimise tüüp	On the fly	Mõõtmise tüüp	Reaalajas	Initsialiseerimise loendamine	2

Punkt	2001	X	2962401.207	Y	1495593.118	Z	5428666.959	Kood	veia2
		Meetod	Täpne	Tüüp	Topopunkt	Otsingu klass	Normaal		
Antenni kõrgus	2.000	Tüüp	Parandamata	Hz täps	0.009	V täpsus	0.015		
QC 1		Satelliidid	17	PDOP	1.3	HDOP	0.6	VDOP	1.1
		Baasi andmete aeg	2	RMS	31.845	Kasutatud asukohad	4		
QC 2		VCV xx (m²)	0.000075	VCV xy (m²)	0.000026	VCV xz (m²)	0.000061		
				VCV yy (m²)	0.000063	VCV yz (m²)	0.000042		
						VCV zz (m²)	0.000187		

Initsialiseerimise sündmus: Kasutaja tühistati									
GPS nädal	2026	Sekundid	470222	Initsialiseerimise tüüp	On the fly	Mõõtmise tüüp	Reaalajas	Initsialiseerimise loendamine	2

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
GPS nädal	2026	Sekundid	470225	Initsialiseerimise tüüp	On the fly	Mõõtmise tüüp	Reaalajas	Initsialiseerimise loendamine	3

Punkt	2002	X	2962401.211	Y	1495593.123	Z	5428666.965	Kood	veia3
		Meetod	Täpne	Tüüp	Topopunkt	Otsingu klass	Normaal		
Antenni kõrgus	2.000	Tüüp	Parandamata	Hz täps	0.007	V täpsus	0.012		
QC 1		Satelliidid	17	PDOP	1.3	HDOP	0.6	VDOP	1.1
		Baasi andmete aeg	1	RMS	20.481	Kasutatud asukohad	4		
QC 2		VCV xx	0.000073	VCV xy	0.000026	VCV xz	0.000060		

		(m²)		(m²)		(m²)			
				VCV (m²) yy	0.000062	VCV (m²) yz	0.000041		
						VCV (m²) zz	0.000182		

Mõõtmise sündmus									
<b>Mõõtmise sündmus</b>		Lõpeta mõõtmine							

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Liikuvjaama valikud									
<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						

Mõõtmise sündmus									
<b>Mõõtmise sündmus</b>		Liikuv on starditud							

<b>Märkus</b>	VRS baas: 58°57'02.15188", 26°49'11.86340", 81.904m								
---------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	472399	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	1

GNSS vastuvõtja	
<b>Vastuvõtja tüüp</b>	R8s
<b>Seerianumber</b>	5744R00427
<b>Tarkvara versioon</b>	5.34
<b>Antenni tüüp</b>	R8s Internal
<b>Mõõtmismeetod</b>	Paigaldatud antenni alla
<b>Seotud tasandus</b>	0.000
<b>Horisontaalne nihe</b>	0.000
<b>Vertikaalnihe</b>	0.065

<b>Punkt</b>	3000	<b>X</b>	2943535.493	<b>Y</b>	1487811.927	<b>Z</b>	5440973.153	<b>Kood</b>	avinurme1
		<b>Meetod</b>	Täpne	<b>Tüüp</b>	Topopunkt	<b>Otsingu klass</b>	Normaal		
<b>Antenni kõrgus</b>	2.000	<b>Tüüp</b>	Parandamata	<b>Hz täps</b>	0.006	<b>V täpsus</b>	0.012		
<b>QC 1</b>		<b>Satelliidid</b>	16	<b>PDOP</b>	1.3	<b>HDOP</b>	0.6	<b>VDOP</b>	1.2
		<b>Baasi andmete aeg</b>	1	<b>RMS</b>	20.301	<b>Kasutatud asukohad</b>	4		
<b>QC 2</b>		<b>VCV (m²) xx</b>	0.000030	<b>VCV (m²) xy</b>	0.000007	<b>VCV (m²) xz</b>	0.000021		
				<b>VCV (m²) yy</b>	0.000019	<b>VCV (m²) yz</b>	0.000003		
						<b>VCV (m²) zz</b>	0.000064		

						(m²)			
--	--	--	--	--	--	------	--	--	--

Initialiseerimise sündmus: Kasutaja tühistati

<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	472435	<b>Initialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initialiseerimise loendamine</b>	1
----------------------	------	-----------------	--------	-----------------------------------	------------	--------------------------	-----------	---	---

Initialiseerimise sündmus: Saavutatud

<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	472438	<b>Initialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initialiseerimise loendamine</b>	2
----------------------	------	-----------------	--------	-----------------------------------	------------	--------------------------	-----------	---	---

<b>Punkt</b>	3001	<b>X</b>	2943535.488	<b>Y</b>	1487811.928	<b>Z</b>	5440973.143	<b>Kood</b>	avinurme2
		<b>Meetod</b>	Täpne	<b>Tüüp</b>	Topopunkt	<b>Otsingu klass</b>	Normaal		
<b>Antenni kõrgus</b>	2.000	<b>Tüüp</b>	Parandamata	<b>Hz täps</b>	0.007	<b>V täpsus</b>	0.012		
<b>QC 1</b>		<b>Satelliidid</b>	16	<b>PDOP</b>	1.3	<b>HDOP</b>	0.6	<b>VDOP</b>	1.2
		<b>Baasi andmete aeg</b>	2	<b>RMS</b>	23.942	<b>Kasutatud asukohad</b>	4		
<b>QC 2</b>		<b>VCV xx (m²)</b>	0.000052	<b>VCV xy (m²)</b>	0.000011	<b>VCV xz (m²)</b>	0.000038		
				<b>VCV yy (m²)</b>	0.000033	<b>VCV yz (m²)</b>	0.000005		
						<b>VCV zz (m²)</b>	0.000114		

Initialiseerimise sündmus: Kasutaja tühistati

<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	472455	<b>Initialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initialiseerimise loendamine</b>	2
----------------------	------	-----------------	--------	-----------------------------------	------------	--------------------------	-----------	---	---

Initialiseerimise sündmus: Saavutatud

<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	472460	<b>Initialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initialiseerimise loendamine</b>	3
----------------------	------	-----------------	--------	-----------------------------------	------------	--------------------------	-----------	---	---

<b>Punkt</b>	3002	<b>X</b>	2943535.487	<b>Y</b>	1487811.925	<b>Z</b>	5440973.142	<b>Kood</b>	avinurme3
		<b>Meetod</b>	Täpne	<b>Tüüp</b>	Topopunkt	<b>Otsingu klass</b>	Normaal		
<b>Antenni kõrgus</b>	2.000	<b>Tüüp</b>	Parandamata	<b>Hz täps</b>	0.006	<b>V täpsus</b>	0.012		
<b>QC 1</b>		<b>Satelliidid</b>	16	<b>PDOP</b>	1.3	<b>HDOP</b>	0.6	<b>VDOP</b>	1.2
		<b>Baasi andmete aeg</b>	2	<b>RMS</b>	27.184	<b>Kasutatud asukohad</b>	4		
<b>QC 2</b>		<b>VCV xx (m²)</b>	0.000044	<b>VCV xy (m²)</b>	0.000009	<b>VCV xz (m²)</b>	0.000032		
				<b>VCV yy (m²)</b>	0.000028	<b>VCV yz (m²)</b>	0.000004		
						<b>VCV zz (m²)</b>	0.000096		

Mõõtmise sündmus

<b>Mõõtmise sündmus</b>	Lõpeta mõõtmine
-------------------------	-----------------

Liikuvjaama valikud									
Kõrguse varjamine kraadides	10	PDOP mask	6						

Liikuvjaama valikud									
Kõrguse varjamine kraadides	10	PDOP mask	6						

Mõõtmise sündmus	
Mõõtmise sündmus	Liikuv on starditud

Märkus	VRS baas: 59°05'17.36768", 26°37'09.36378", 113.046m
--------	--

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
GPS nädal	2026	Sekundid	474915	Initsialiseerimise tüüp	On the fly	Mõõtmise tüüp	Reaalajas	Initsialiseerimise loendamine	1

GNSS vastuvõtja	
Vastuvõtja tüüp	R8s
Seerianumber	5744R00427
Tarkvara versioon	5.34
Antenni tüüp	R8s Internal
Mõõtmismeetod	Paigaldatud antenni alla
Seotud tasandus	0.000
Horisontaalne nihe	0.000
Vertikaalnihe	0.065

Punkt	4000	X	2936512.168	Y	1471281.682	Z	5449240.273	Kood	muuga1
		Meetod	Täpne	Tüüp	Topopunkt	Otsingu klass	Normaal		
Antenni kõrgus	2.000	Tüüp	Parandamata	Hz täps	0.008	V täpsus	0.013		
QC 1		Satelliidid	14	PDOP	1.4	HDOP	0.7	VDOP	1.2
		Baasi andmete aeg	1	RMS	19.313	Kasutatud asukohad	4		
QC 2		VCV (m²) xx	0.000084	VCV (m²) xy	0.000012	VCV (m²) xz	0.000071		
				VCV (m²) yy	0.000042	VCV (m²) yz	-0.000001		
						VCV (m²) zz	0.000268		

Initsialiseerimise sündmus: Kasutaja tühistati									
GPS nädal	2026	Sekundid	474951	Initsialiseerimise tüüp	On the fly	Mõõtmise tüüp	Reaalajas	Initsialiseerimise loendamine	1

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
GPS nädal	2026	Sekundid	474954	Initsialiseerimise tüüp	On the fly	Mõõtmise tüüp	Reaalajas	Initsialiseerimise loendamine	2

<b>Punkt</b>	4001	<b>X</b>	2936512.166	<b>Y</b>	1471281.680	<b>Z</b>	5449240.274	<b>Kood</b>	muuga2
		<b>Meetod</b>	Täpne	<b>Tüüp</b>	Topopunkt	<b>Otsingu klass</b>	Normaal		
<b>Antenni kõrgus</b>	2.000	<b>Tüüp</b>	Parandamata	<b>Hz täps</b>	0.008	<b>V täpsus</b>	0.013		
<b>QC 1</b>		<b>Satelliidid</b>	14	<b>PDOP</b>	1.4	<b>HDOP</b>	0.7	<b>VDOP</b>	1.2
		<b>Baasi andmete aeg</b>	1	<b>RMS</b>	22.689	<b>Kasutatud asukohad</b>	4		
<b>QC 2</b>		<b>VCV (m²) xx</b>	0.000088	<b>VCV (m²) xy</b>	0.000011	<b>VCV (m²) xz</b>	0.000076		
				<b>VCV (m²) yy</b>	0.000042	<b>VCV (m²) yz</b>	-0.000002		
						<b>VCV (m²) zz</b>	0.000274		

Initsialiseerimise sündmus: Kasutaja tühistati

<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	474972	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	2
------------------	------	-----------------	--------	--------------------------------	------------	----------------------	-----------	--------------------------------------	---

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud

<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	474975	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	3
------------------	------	-----------------	--------	--------------------------------	------------	----------------------	-----------	--------------------------------------	---

<b>Punkt</b>	4002	<b>X</b>	2936512.170	<b>Y</b>	1471281.683	<b>Z</b>	5449240.277	<b>Kood</b>	muuga3
		<b>Meetod</b>	Täpne	<b>Tüüp</b>	Topopunkt	<b>Otsingu klass</b>	Normaal		
<b>Antenni kõrgus</b>	2.000	<b>Tüüp</b>	Parandamata	<b>Hz täps</b>	0.011	<b>V täpsus</b>	0.017		
<b>QC 1</b>		<b>Satelliidid</b>	14	<b>PDOP</b>	1.4	<b>HDOP</b>	0.7	<b>VDOP</b>	1.2
		<b>Baasi andmete aeg</b>	1	<b>RMS</b>	31.302	<b>Kasutatud asukohad</b>	4		
<b>QC 2</b>		<b>VCV (m²) xx</b>	0.000090	<b>VCV (m²) xy</b>	0.000011	<b>VCV (m²) xz</b>	0.000076		
				<b>VCV (m²) yy</b>	0.000043	<b>VCV (m²) yz</b>	-0.000002		
						<b>VCV (m²) zz</b>	0.000279		

Mõõtmise sündmus

<b>Mõõtmise sündmus</b>	Lõpeta mõõtmine
-------------------------	-----------------

Liikuvjaama valikud

<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						
------------------------------------	----	------------------	---	--	--	--	--	--	--

Liikuvjaama valikud

<b>Kõrguse varjamine kraadides</b>	10	<b>PDOP mask</b>	6						
------------------------------------	----	------------------	---	--	--	--	--	--	--

Mõõtmise sündmus

<b>Mõõtmise sündmus</b>	Liikuv on starditud
-------------------------	---------------------

<b>Märkus</b>	VRS baas: 59°05'17.33714", 26°37'09.34373", 116.171m
---------------	--

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	476530	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	1

<b>Märkus</b>	Uus baasjaam leiti
---------------	--------------------

<b>Märkus</b>	VRS baas: 59°13'58.44376", 26°43'46.98644", 99.298m
---------------	---

Initsialiseerimise sündmus: Kaotatud									
<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	476541	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	1

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	476542	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	2

GNSS vastuvõtja	
<b>Vastuvõtja tüüp</b>	R8s
<b>Seerianumber</b>	5744R00427
<b>Tarkvara versioon</b>	5.34
<b>Antenni tüüp</b>	R8s Internal
<b>Mõõtmismeetod</b>	Paigaldatud antenni alla
<b>Seotud tasandus</b>	0.000
<b>Horisontaalne nihe</b>	0.000
<b>Vertikaalne nihe</b>	0.065

<b>Punkt</b>	5000	<b>X</b>	2921786.531	<b>Y</b>	1471045.271	<b>Z</b>	5457140.200	<b>Kood</b>	palasi1
		<b>Meetod</b>	Täpne	<b>Tüüp</b>	Topopunkt	<b>Otsingu klass</b>	Normaal		
<b>Antenni kõrgus</b>	2.000	<b>Tüüp</b>	Parandamata	<b>H<sub>z</sub> täps</b>	0.013	<b>V täpsus</b>	0.018		
<b>QC 1</b>		<b>Satelliidid</b>	15	<b>PDOP</b>	1.3	<b>HDOP</b>	0.8	<b>VDOP</b>	1.1
		<b>Baasi andmete aeg</b>	1	<b>RMS</b>	41.990	<b>Kasutatud asukohad</b>	4		
<b>QC 2</b>		<b>VCV xx (m²)</b>	0.000097	<b>VCV xy (m²)</b>	0.000028	<b>VCV xz (m²)</b>	0.000064		
				<b>VCV yy (m²)</b>	0.000042	<b>VCV yz (m²)</b>	0.000039		
						<b>VCV zz (m²)</b>	0.000336		

Initsialiseerimise sündmus: Kasutaja tühistati									
<b>GPS nädal</b>	2026	<b>Sekundid</b>	476570	<b>Initsialiseerimise tüüp</b>	On the fly	<b>Mõõtmise tüüp</b>	Reaalajas	<b>Initsialiseerimise loendamine</b>	2

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud									
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

GPS nädal	2026	Sekundid	476573	Initsialiseerimise tüüp	On the fly	Mõõtmise tüüp	Reaalajas	Initsialiseerimise loendamine	3
--------------	------	----------	--------	----------------------------	------------	------------------	-----------	----------------------------------	---

Punkt	5001	X	2921786.529	Y	1471045.268	Z	5457140.197	Kood	palasi2
		Meetod	Täpne	Tüüp	Topopunkt	Otsingu klass	Normaal		
Antenni kõrgus	2.000	Tüüp	Parandamata	Hz täps	0.013	V täpsus	0.018		
QC 1		Satelliidid	15	PDOP	1.3	HDOP	0.8	VDOP	1.1
		Baasi andmete aeg	1	RMS	39.071	Kasutatud asukohad	4		
QC 2		VCV xx (m²)	0.000098	VCV xy (m²)	0.000028	VCV xz (m²)	0.000064		
				VCV yy (m²)	0.000042	VCV yz (m²)	0.000040		
						VCV zz (m²)	0.000337		

Initsialiseerimise sündmus: Kasutaja tühistati

GPS nädal	2026	Sekundid	476589	Initsialiseerimise tüüp	On the fly	Mõõtmise tüüp	Reaalajas	Initsialiseerimise loendamine	3
--------------	------	----------	--------	----------------------------	------------	------------------	-----------	----------------------------------	---

Initsialiseerimise sündmus: Saavutatud

GPS nädal	2026	Sekundid	476593	Initsialiseerimise tüüp	On the fly	Mõõtmise tüüp	Reaalajas	Initsialiseerimise loendamine	4
--------------	------	----------	--------	----------------------------	------------	------------------	-----------	----------------------------------	---

Punkt	5002	X	2921786.525	Y	1471045.267	Z	5457140.189	Kood	palasi3
		Meetod	Täpne	Tüüp	Topopunkt	Otsingu klass	Normaal		
Antenni kõrgus	2.000	Tüüp	Parandamata	Hz täps	0.011	V täpsus	0.015		
QC 1		Satelliidid	15	PDOP	1.3	HDOP	0.8	VDOP	1.1
		Baasi andmete aeg	1	RMS	26.290	Kasutatud asukohad	4		
QC 2		VCV xx (m²)	0.000098	VCV xy (m²)	0.000028	VCV xz (m²)	0.000063		
				VCV yy (m²)	0.000042	VCV yz (m²)	0.000040		
						VCV zz (m²)	0.000335		

Mõõtmise sündmus

Mõõtmise sündmus	Lõpeta mõõtmine
------------------	-----------------

Vähendatud punktid

Punkt	1000	Põhi	6486664.140	Ida	666132.544	Kõrgus	68.842	Kood	preedi1
-------	------	------	-------------	-----	------------	--------	--------	------	---------

Punkt	1001	Põhi	6486664.139	Ida	666132.547	Kõrgus	68.856	Kood	preedi2
-------	------	------	-------------	-----	------------	--------	--------	------	---------



<b>Punkt</b>	1002	<b>Põhi</b>	6486664.146	<b>Ida</b>	666132.553	<b>Kõrgus</b>	68.852	<b>Kood</b>	preedi3
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	--------	-------------	---------

<b>Punkt</b>	1003	<b>Põhi</b>	6486664.142	<b>Ida</b>	666132.553	<b>Kõrgus</b>	68.854	<b>Kood</b>	preedi4
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	--------	-------------	---------

<b>Punkt</b>	2000	<b>Põhi</b>	6513805.180	<b>Ida</b>	661379.554	<b>Kõrgus</b>	78.401	<b>Kood</b>	veia1
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	--------	-------------	-------

<b>Punkt</b>	2001	<b>Põhi</b>	6513805.177	<b>Ida</b>	661379.558	<b>Kõrgus</b>	78.394	<b>Kood</b>	veia2
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	--------	-------------	-------

<b>Punkt</b>	2002	<b>Põhi</b>	6513805.175	<b>Ida</b>	661379.561	<b>Kõrgus</b>	78.402	<b>Kood</b>	veia3
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	--------	-------------	-------

<b>Punkt</b>	3000	<b>Põhi</b>	6537627.397	<b>Ida</b>	661946.563	<b>Kõrgus</b>	80.837	<b>Kood</b>	avinurme1
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	--------	-------------	-----------

<b>Punkt</b>	3001	<b>Põhi</b>	6537627.395	<b>Ida</b>	661946.566	<b>Kõrgus</b>	80.826	<b>Kood</b>	avinurme2
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	--------	-------------	-----------

<b>Punkt</b>	3002	<b>Põhi</b>	6537627.396	<b>Ida</b>	661946.563	<b>Kõrgus</b>	80.824	<b>Kood</b>	avinurme3
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	--------	-------------	-----------

<b>Punkt</b>	4000	<b>Põhi</b>	6553148.770	<b>Ida</b>	649700.855	<b>Kõrgus</b>	114.104	<b>Kood</b>	muuga1
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	---------	-------------	--------

<b>Punkt</b>	4001	<b>Põhi</b>	6553148.773	<b>Ida</b>	649700.854	<b>Kõrgus</b>	114.104	<b>Kood</b>	muuga2
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	---------	-------------	--------

<b>Punkt</b>	4002	<b>Põhi</b>	6553148.770	<b>Ida</b>	649700.855	<b>Kõrgus</b>	114.109	<b>Kood</b>	muuga3
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	---------	-------------	--------

<b>Punkt</b>	5000	<b>Põhi</b>	6568829.652	<b>Ida</b>	655479.481	<b>Kõrgus</b>	96.704	<b>Kood</b>	palasi1
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	--------	-------------	---------

<b>Punkt</b>	5001	<b>Põhi</b>	6568829.653	<b>Ida</b>	655479.480	<b>Kõrgus</b>	96.700	<b>Kood</b>	palasi2
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	--------	-------------	---------

<b>Punkt</b>	5002	<b>Põhi</b>	6568829.651	<b>Ida</b>	655479.481	<b>Kõrgus</b>	96.691	<b>Kood</b>	palasi3
--------------	------	-------------	-------------	------------	------------	---------------	--------	-------------	---------

## **Lisa 2. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitud lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Jorma Uusmaa,  
(sünnipäev 19/12/1990 39012194926)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö „HadNet võrgu täpsus ja efektiivsus“, mille juhendaja on Harli Jürgenson,
  - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
  - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
  - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemisekskuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_

allkiri

Tartu, 30.05.2019

---

### **Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)